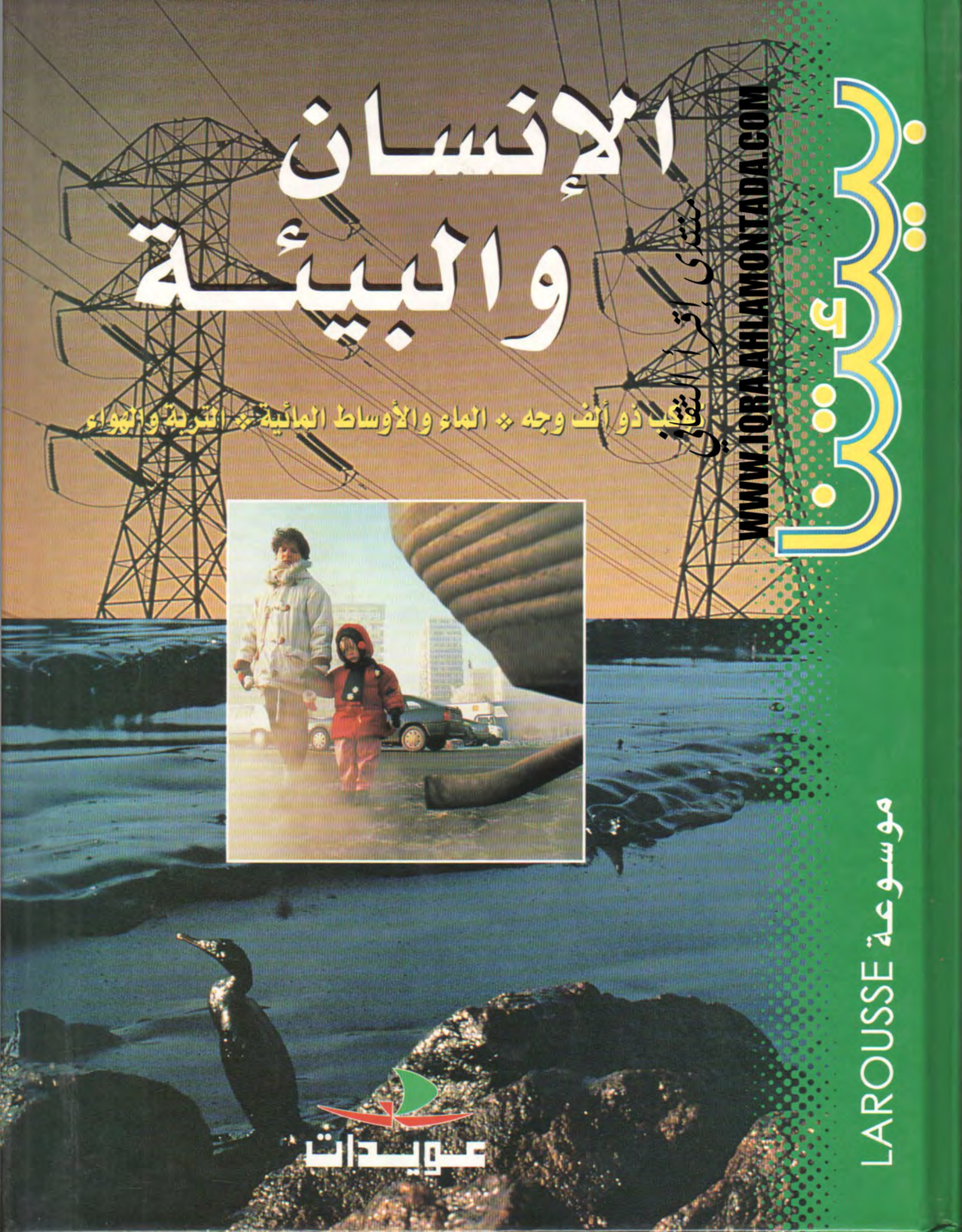

الإنسان والبيئة
ذو ألف وجه ❖ الماء والأوساط المائية ❖ التربة والهواء
موسوعة LAROUSSE
عويدات
منتدى اقرأ الثقافي
WWW.IQRA.AHLAMONTADA.COM



موسوعة LAROUSSE

الإنسان والبيئة

كوكب ذو ألف وجه - الماء والأوساط المائية - التربة والهواء

تعريب

د. جورج قاضي



عويدات للنشر والطباعة

بيروت - لبنان

بيروت - لبنان - ص. ب. 628 - تلفاكس 305961 1 00961 - تلفون 616033 3 00961

E-mail: oueidat _ editions@hotmail.com

الإدارة

إيزابيل بورديال

تأليف

ألكسندرا دلولينو، كلارا دلبا ـ آن لوفافر

كارين مايو، ماريال مايو، إيف سياما

الرسوم

جاكلين باجويه

لوران بلونديل، بول بونتون، فابريس دادون، مارك دومولان، كريستيان جيغو،

كريستيان كوشر، برنار روكامورا، توم سام يو، ليوني شلوسر،

ميشال سينييه، جان ـ مارك باتييه، أرشيف **Larousse**

الطبعة العربية

إشراف ميسر عبد العال

تنفيذ سامو برس غروب

رقم التسجيل في الترقيم العالمي ISBN 9953-28

الطبعة 2008

الفهرس

كوكب ذو ألف وجه



الفهرس



الماء والأوساط المائية



التربة والهواء

عويدات للنشر والطباعة 2006/1077



الأرض، كوكب حيّ

تحـوّل الحيـاة المعـقّد

في البدء، كانت الأرض وسطاً مناوئاً للحياة. بعد ذلك تكونت المحيطات وظهرت في باطنها كائنات حيّة، ومن ثم أغنى التركيبُ الضوئي الذي أجرته النباتات اليخضورية الغلافَ الجوي بالأوكسجين.

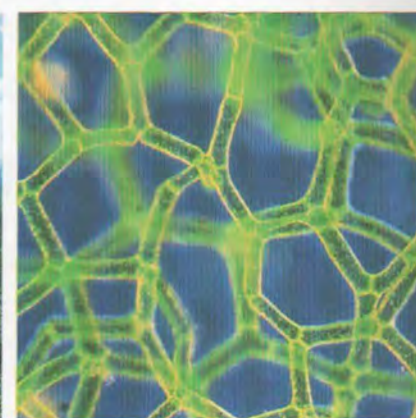


بفضل توافق مثالي بين كتلتها والمسافة التي تفصلها عن الشمس، ترعى الأرض نشاطاً ثقلياً دائماً يشكّل أساس الغلاف الجوي. وهذا الأخير مسؤول عن انبعاث الغازات الدفيئة التي توفّر ظروفاً معتدلة لدرجات الحرارة على سطح الأرض حيث يمكن للماء أن يبقى في حالته السائلة وللحياة أن تنمو.

الأرض هي الكوكب الوحيد الذي يحتضن الحياة في النظام الشمسي. هناك أسباب عديدة تفسّر هذا التميّز. يُعتقد أن ظهور الحياة مرتبط بوجود الماء في الحالة السائلة. إن عطارد والزهرة، القريبَيْن جداً من الشمس محترقان تماماً من إشعاعها. يحتوي المريخ على الماء، لكن درجة الحرارة المنخفضة جداً على الكوكب الأحمر، إضافة إلى الغلاف الجوي الرقيق المحيط به يمنعان هذا الماء في الوقت الحاضر من البقاء عليه بغير حالة الجليد المحصور في تربته أو حالة البخار. غير أنه يظهر على سطح المريخ وجود تجاعيد يمكن

يحتفظ الماء على الأرض باستمرار بحالاته الثلاث: الجامدة، السائلة والغازية.

أن تكون آثاراً حديثة نسبياً لسيلان الماء: لقد عرف المريخ بلا شك، في الماضي، ظروفاً مؤاتية لظهور الحياة، وليس من المستبعد اكتشاف متحجرات فيه يوماً ما.
إن الأرض نفسها لم تكن هي الأخرى مضيافة دائماً. لقد سادتها، في البدء، ظروف معاكسة للغاية. كان الغلاف الجوي خالياً تماماً من الأوكسجين، كما أن الأشعة الشمسية الأكثر ضرراً، لم تكن تتصفى، في غياب طبقة الأوزون. إضافة إلى ذلك، كان سطح الأرض يهتز تحت تأثير نشاط بركاني مكثّف ويتعرض لقصف نيزكي مستمر.
عندما تكوّنت طبقات الماء السائل - المحيطات - على سطح الأرض، شكّلت درعاً طبيعية ضد الإشعاعات المؤذية والكوارث بكل أنواعها. تفسر هذه الحماية ظهور أول أشكال الحياة. من المرجح أن تكون أحياء مجهرية قد نمت باكراً جداً على مقربة من منابع المياه الشديدة السخونة





نسجت الكائنات الحية، من أبسطها إلى الأكثر تعقيداً منها، فيما بينها ومع محيطها روابط عديدة ودقيقة لدرجة جعلتها في ترابط تام مع الكوكب الذي يأويها. إن هذه الطبقة الرقيقة من الحياة التي يشكلها المحيط الحيوي، والموزعة بشكل مبعثر على سطح الكرة الأرضية بسماكة كيلومتر واحد، لا تزن مع ذلك إلا جزءاً من عشرة مليارات من قيمة كتلة الأرض.

التي نجدها في أعماق المحيطات. واليوم تعيش كائنات مجهرية مماثلة في هذه الأوساط الشديدة بدون أوكسجين وضوء. يستعمل تفاعلها الحيوي اللاهوائي الكبريت المتوفر في منابع المياه الحارة. غير أن أقدم آثار معروفة للحياة تتراوح بين 3,5 و3,9 مليار سنة، تتمثل بصخور تعرف بالستروماتوليت. إنها عبارة عن ترسّبات كلسية تكوّنت في مياه ضحلة بواسطة بكتيريا زرقاء. وهكذا أصبحت شواطئ المحيطات أول موئل بيئي على الأرض.

إن مستعمرات البكتيريا الزرقاء التي تجري تركيباً ضوئياً بدائياً، تمتص ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) وتطرح الأوكسجين (O_2). وقد ساهمت بهذه الطريقة في إغناء الغلاف الجوي الأرضي بالأوكسجين. تحول جزء من هـذا الأوكسجين إلى أوزون (O_3) في طبقة السكاك (الستراتوسفير)، التي تقع على ارتفاع عشرات الكيلومترات. تحمي طبقة الأوزون الكائنات الحية، بامتصاصها جزء من الإشعاعات الشمسية، ما فوق البنفسجية. هناك ظاهرة مرتبطة بانبعاث الغازات الدفيئة ساهمت كذلك ببقاء الكائنات حية. يلعب بخار الماء وثاني أوكسيد الكربون والميثان (CH_4)، وهي غازات موجودة في الجو، نفس الدور الذي يلعبه الزجاج في الدفيئة المستعملة في زراعة البساتين. الأثر الأول لهذه المصفاة هو ضمان درجة حرارة متوسطة قيمتها 16 درجة مئوية على الأرض، وهي الحرارة المثلى لازدهار الحياة. إنه يسمح في الواقع بقيام مدى حراري يتيح للماء بأن يبقى في حالاته الثلاث الجامدة، السائلة والغازية. إن انبعاث الغازات الدفيئة يعتبر أحد المفاتيح الأساسية لوجود الأحياء. لو كان الغلاف الجوي يحتوي على الأوكسجين والأزوت فقط، لما تعدَّى متوسط درجة الحرارة الأرضية عشرين درجة تحت الصفر. وبالعكس، يحتوي الغلاف الجوي لكوكب الزهرة على 97% من ثاني أوكسيد الكربون. وبالتالي فإن ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة عليه شديدة بحيث تبلغ درجة الحرارة هناك 460 درجة مئوية.

يكيّف الغلاف الجوي إذن دفق الطاقة بين الشمس وسطح الأرض والفضاء الخارجي. إنه ينقل الماء والحرارة من المناطق التي تتوفر فيها هذه العناصر في كوكبنا إلى المناطق التي تفتقر إليها. بدون هذه المبادلات، لكان قطبا الأرض أكثر برودة ولكانت المنطقة الاستوائية أكثر حرارة مما هي عليه حالياً. تسمح إعادة التوزيع هذه بإمكانية بقاء الكائنات الحية على قيد الحياة على سطح كوكب الأرض أو غالبية أجزائه. على مر ملايين السنين، وكلما تعقدت هذه الآليات الفيزيائية الكيماوية وتفاعلت فيما بينها، ظهرت أكثر فأكثر أشكال حياة متطورة. وساعد التركيب الجديد للغلاف الجوي بنمو العالم النباتي وانتشرت النباتات على الأرض الصلبة، مزوِّدة عالم الحيوانات الذي تبعها بغذاء وفير. فظهرت سلاسل غذائية وتنوعت الحياة أكثر فأكثر وقام الاصطفاء الطبيعي بالعمل المتبقي حيث ألغى عن وجه الكوكب أنواعاً عديدة من الكائنات. حتى يومنا الحاضر، عرفت الأرض خمسة انقراضات بالجملة، قبل 435، و365 و245 و210 و65 مليون سنة، ما زالت أسبابها الحقيقية موضع نقاش. غير أنه من المؤكد أن الكائن الحي هو مصدر المحيط الحيوي كما أنه هو نتاجه. وبقاؤه على قيد الحياة هو مسألة توازن. ■

هل تعلم؟

تنمو الحياة على الأرض. إنها موجودة في الأماكن الأكثر مقاومة لها. تعيش بعض الأجسام «المحبّة للحرارة بإفراط» في المناطق البركانية حيث تسيطر درجة حرارة تفوق 100 درجة مئوية. وتعيش بعض الأجسام الأخرى مثل حزّاز الصخر (الأشنة) والبكتيريا على جليد القارة القطبية الجنوبية وتحته حيث تبلغ درجات الحرارة 20 درجة مئوية تحت الصفر. وفي قاع المحيطات، تتعرض الحيوانات التي تعيش فيها إلى ضغط مرتفع وتظل على قيد الحياة في مياه مظلمة تصل حرارتها إلى درجتين مئويتين.

تفسير مفردات

- **الكواكب التلّورية** هي الكواكب الصغيرة نسبياً والقريبة من الشمس، وهي تتكون من صخور (عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ).
- توجد آلية بيولوجية **لا هوائيّة** تسمح لجسم ما بالعيش دون هواء أو أوكسجين (عكس حي هوائي).
- **المحيط الحيوي** هو مجموعة الكائنات الحية والبيئة المحيطة بها.

أرقام

- يشكل الأوكسجين 21% من تركيب الهواء الجوي، والأزوت 78% وثاني أوكسيد الكربون 0,03% منه.
- تعكس الأرض نحو الفضاء ما يعادل 30% من الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه.
- تغطي الغيوم أكثر من 60% من مساحة الكرة الأرضية.



الغلاف المغنطيسي

درع تحمي الأرض بصورة دائمة

تحتمي الأرض من الرياح الشمسية الخطرة بواسطة الغلاف المغنطيسي (أو الطبقة الممغنطة)، وهو مجال محمي بفضل الحقل المغنطيسي الأرضي. خلال الثورات البركانية الشمسية الشديدة، يغدو الغلاف المغنطيسي مسرحاً لعدة ظواهر مشوّشة.



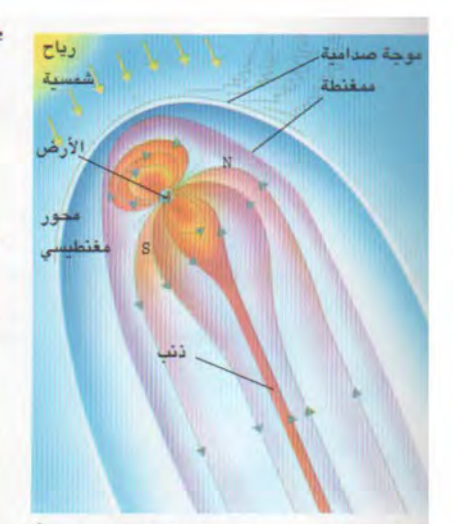
يقع القطب المغنطيسي الشمالي على مقربة من خليج هدسون في كندا. يتيح هذا المكان أكثر من غيره، وخلال عدة ساعات متتالية، التمتع برؤية حجب الضوء المتعددة الألوان التي تميز الشفق القطبي.

بالإمكان مقارنة كوكبنا بمغنطيس ضخم كروي الشكل. ينتج حقله المغنطيسي ـ الذي بدونه لما تمكنت البوصلة من تحديد اتجاه الشمال ـ عن حركات السوائل الموصلة التي تحدث في جزئه الأعمق أي في نواته. تتقاسم الأرض هذه الميزة مع عطارد، وجوبتير وساتورن وأورانوس وبلوتون. إن الحقل المغنطيسي الأرضي هو قوي نسبياً، بالتناسب مع حجم كوكبنا، بسبب سرعة دوران الأرض المرتفعة. لذلك فإنه يحمي بفعالية الكائنات الحية من الآثار المضرة «للرياح الشمسية»،

إن كوكبنا هو مغنطيس كروي ضخم.

المكونة من دفق من الجسيمات الأولية الخطرة والمخترِقة التي ترسلها الشمس بشكل مستمر. وهكذا يشكل الحقل المغنطيسي الأرضي، في منطقة واسعة حول كوكبنا، مجالاً واقياً غير منظور يحمل اسم «الغلاف المغنطيسي».

تتكون الرياح الشمسية من جسيمات أولية مشحونة، تضم بشكل رئيسي إلكترونات وبروتونات وأيونات هليوم، تتحرك بسرعة وسطية يبلغ مداها 400 كلم في الساعة، وتتضاعف هذه السرعة خلال الثورات البركانية الشمسية. عندما تلتقي هذه الجسيمات الأولية بالحقل المغنطيسي الأرضي، تنحرف نحو الغرب إذا كانت مشحونة إيجاباً (بروتون)، ونحو الشرق إذا كانت شحنتها سالبة (إلكترون)، مما يحول دون اصطدامها بكوكبنا جبهياً. ينبغي عدم مزج هذه الظاهرة بالأثر



للغلاف المغنطيسي شكل نقطة ماء متمددة جداً تغلّف كوكبنا. يقع حدها من جهة الشمس على مسافة 000 65 كلم منّا.

الواقي للغلاف الجوي الأرضي إزاء المذنبات التي تتلاشى بفعل الاحتكاك والسخونة قبل تمكنها من ملامسة سطح الأرض. في الواقع، لا يوجد أي أثر للغلاف المغنطيسي على الأجسام الصلبة وهو لا يحمي إلا من الجسيمات الأولية.

إن الغلاف المغنطيسي في شكله العام يشبه نقطة الماء. من الجهة المواجهة للشمس من الأرض، يبدو هذا الغلاف مكبوتاً ومسطحاً نتيجة قصف الجسيمات. ويستقر حدّه - سقف الطبقة المغنطة - على مسافة تساوي عشر مرات شعاع الكرة الأرضية أي حوالى 000 65 كلم ويمتد

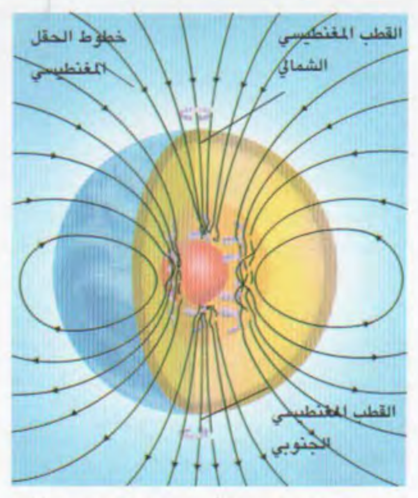
توضيح

يدخل الحقل المغنطيسي الأرضي إلى الكوكب ويخرج منه عند مستوى القطبين المغنطيسيين. في هذه الأماكن، تنجح أعداد كبيرة من الجسيمات الأولية التي تتكون منها الرياح الشمسية من الاقتراب من الأرض، وتؤدي الاصطدامات بينها وبين الغازات النادرة في طبقة الإيونوسفير إلى حدوث الشفق القطبي. ترتبط الألوان الناتجة عن هذه الظاهرة بنوع الغاز الذي يصطدم بالجسيمات الأولية: فالأوكسجين يعطي ألواناً تتراوح بين الأحمر والأصفر الملون بالأخضر، تبعاً لارتفاعه وضغطه. أما الأزوت فإنه يولّد إضاءة زرقاء.

تنجح بعض الجسيمات الشمسية في اختراق الدرع الأرضية.

بسماكة مئة كلم تقريباً. في الوقت عينه، ومن الجهة الأخرى من كوكبنا، الغارقة في العتمة، تتحد قوى الحقلين المغنطيسيين الأرضي والشمسي، وتكوّن «ذنب» الغلاف المغنطيسي الذي ينتشر بلا شك على عدة مئات ملايين الكيلومترات، نحو حدود النظام الشمسي.

لا يشكّل الغلاف المغنطيسي تركيباً مستقراً: فشكله وحجمه يتغيران تحت تأثير الاندفاعات البركانية الشمسية، التي تبعث باتجاهه كميات هائلة من الطاقة، خلال فترات زمنية قصيرة جداً. تعرف هذه الظواهر الفلكية بـ «العاصفة الشمسية». وبالرغم من أنها تطرأ بانتظام، فإن عدد العواصف الشمسية وشدتها تتأرجح ضمن فترة زمنية مدتها 11 سنة. خلال الثورات البركانية الشمسية الأكثر عنفاً، بإمكان الغلاف المغنطيسي أن يتلقى خلال عدة دقائق طاقة تقدر بـ 10^{26} جول (وهو ما يعادل إنتاج 30 مليون مصنع توليد طاقة



إن الحقل المغنطيسي الأرضي، الناتج عن حركات السوائل داخل النواة، يتبع خطوطاً تدخل إلى الكرة الأرضية وتخرج منها عند مستوى القطبين بشكل رئيسي.

هل تعلم؟

أن العاصفة الشمسية التي حدثت في 13 آذار / مارس 1989 كانت الأعنف خلال الخمسين سنة الماضية. لقد اخترقت كميات ضخمة من الجسيمات الأولية الغلاف المغنطيسي حيث أحدثت تيارات كهربائية أدت إلى قطع الكهرباء عن جزء من شبكة القارة الأميركية الشمالية. ظلّ أكثر من 6 ملايين شخص دون كهرباء لمدة 9 ساعات. وتباطأت أقمار اصطناعية عديدة مما أدى إلى حدوث مشكلة كبيرة نظراً لدقة المسارات التي ينبغي على هذه الأقمار الاصطناعية اتّباعها. والبعض منها تضرر من سيل الجسيمات الأوّليّة.

كهربائية يولد كل واحد منها 000 1 ميغاواط خلال قرن واحد!). وتحت تأثير عنف الصدمة، بإمكان الغلاف المغنطيسي أن يندفع إلى مسافة 000 20 كلم فقط من سطح الكرة الأرضية، أي إلى مسافة أدنى من ارتفاع مسار الأقمار الاصطناعية الأرضية الثابتة (000 35 كلم). وبالتالي فإن هذه الأقمار قد تتضرر بشكل فادح. فضلاً عن ذلك، وخلال هذه الأحداث، يسخن الغلاف الجوي الأرضي ويتمدد، مما يكبح بشكل خطر الأقمار الاصطناعية الموجودة على مدار منخفض. وأخيراً تنجح مع ذلك بعض الجسيمات الأولية التي تحمل شحنات سالبة أو موجبة في اختراق الدرع المغنطيسية. تصبح هذه الأخيرة عندئذٍ مصدراً لتيارات كهربائية تشارك فيها طبقة الإيونوسفير، وهي طبقة جويّة مشحونة كهربائياً وتمتد من مسافة 80 إلى 000 1 كلم من سطح الأرض. تسبب هذه التيارات بدورها تيارات مشوّشة على سطح الأرض، تنتشر عبر شبكاتنا الكهربائية حتى تصل إلى المحوّلات الكهربائية، بشدة تكفي لقطع الكهرباء عن بعض الأنظمة. إن توقع حركات الغلاف المغنطيسي تبعاً للرياح الشمسية هو إذن واحد من الرهانات المرتبطة بعلم الفيزياء الفلكية للألفية الجديدة. ■



الغلاف الجــوّي

غلاف ضروري للحياة

الغلاف الجوي هو غشاء غازي رقيق جداً تجري فيه كل الظواهر المتعلّقة بالتغيرات الجوية التي تكيّف وجودنا. إن الغلاف الجوّي الذي يحتوي على جزيئات متنوّعة جداً، يلعب دوراً واقياً ومنظّماً في الوقت عينه.



في الأوقات نفسها وخلال مرتين في اليوم، تقوم أكثر من 200 4 محطة أرصاد جوية موزّعة في مناطق مختلفة من العالم بإطلاق بالونات اختبار مجهّزة بمعدات قادرة على تحليل تكوين الغلاف الجوي على ارتفاع يتراوح بين 25 و40 كلم.

لو كان لكوكبنا حجم البرتقالة، لقورنت سماكة غلافه الجوي بسماكة الورقة التي تُستَعمَل لتغليفها، وذلك للتدليل على الرقة الشديدة التي تميّز هذه الطبقة الضرورية للحياة بالرغم من رقّتها، والتي تحدد بتحركها الشروط السائدة على سطح الكوكب. تملك الأرض غلافاً جوياً لأنها تحتجز الجزيئات الغازية بفضل الجاذبية.

تجذب هذه القوة الأجسام نحو مركزها وتمنعها من الضياع في الفضاء. هناك أجسام سماوية لها كتلة أصغر (مثل القمر) محرومة من الغلاف الجوي. كلما ارتفعنا، كلما تخلخل الجو: 80% من كتلته تحتل الكيلومترات العشر الأول (لا يعود الهواء صالحاً للتنفس أبعد من هذه المسافة)، وإلى أعلى من 30 كلم، لا يبقى من الغلاف الجوي إلا 1%. وإذا تعدينا ارتفاع 800 كلم لا نجد إلا مليون ذرة في السنتيمتر المكعّب (في هذه الحالة لا تعود القوانين التي تحكم الغازات صالحة للتطبيق). وإذا تعدينا ارتفاع 500 1 كلم نجد ذرة واحدة في كل سنتيمتر مكعّب أي كثافة يمكن مقارنتها بالفراغ الموجود بين الأفلاك.

يوزّع التحرّك الجوي الحرارة والماء على الأرض.

يقسّم الغلاف الجوي بشكل عام إلى خمس طبقات وفقاً لسلوكها الحراري. تمتد الطبقة الأولى إلى ارتفاع يتراوح بين 8 و18 كلم وهي تعرف بالتروبوسفير. تشكّل هذه الطبقة مسرحاً لمعظم الظواهر الجوية (رياح، متساقطات...). تنخفض الحرارة فيها بمعدل وسطي يبلغ 6،5 درجات مئوية كلّما ارتفعنا 000 1 متر لتصل إلى 60 درجة مئوية تحت الصفر عند سقفها الأعلى الذي يعرف بالتروبوبوز. وفي الطبقة التالية المعروفة بالستراتوسفير يسجل هذه المرة ارتفاعاً في درجات الحرارة لأن طبقة الأوزون الموجودة فيها تسخّنها عندما تمتص الأشعة ما فوق البنفسجية: عند قمة الستراتوسفير التي تعرف بالستراتوبوز (على ارتفاع 50 كلم تقريباً)، تقترب درجة الحرارة من الصفر المئوي. تعرف الطبقة التالية بالميزوسفير، حيث تنخفض درجة الحرارة مجدداً لتصل إلى 90 درجة مئوية تحت الصفر على ارتفاع 80 كلم تقريباً. أما الطبقة التي تليها فهي الترموسفير، وسميت كذلك لأن درجات



إن مقياس هذا الرسم البياني يضخّم إلى حد كبير التروبوسفير، وهي الطبقة الجويّة الأهم بالنسبة للأنشطة البشرية.

الحرارة ترتفع فيها مجدداً لتصل إلى حوالى 1 000 درجة مئوية على ارتفاع 190 كلم من الأرض. تعرف كذلك بطبقة الإيونوسفير لأن الإشعاع الشمسي (المؤلف خاصة من أشعة ما فوق البنفسجية، وأشعة إيكس وجسيمات أوليّة) له مفعول أيوني ويولد ظواهر ضوئية مذهلة جداً، تعرف بالوهج أو الضياء القطبي. وفيما وراء هذا الحد تصبح الجزيئات نادرة بشكل لا يمكن معه التحدث عن درجة حرارة: إنها طبقة الإكزوسفير التي تشكّل منطقة العبور إلى الفضاء الواقع بين الأفلاك.

إن الغلاف الجوي هو مائع يسخّنه الإشعاع الشمسي وكذلك الإشعاع الأرضي. لذلك تحصل فيه حركات مستمرة وأحياناً عنيفة، تنحصر في غالبيتها في طبقاته السفلى وخاصة في طبقة التروبوسفير (التي تعني باللغة اليونانية «الطبقة المتغيرة»). إضافة إلى ذلك، تحتوي هذه الأخيرة على مجمل كمية الماء الجوي؛ لذلك فإنها تشكّل موضوع دراسة أساسية لعلماء الأرصاد الجوية. من ارتفاع صفر إلى 3 000م، يشكّل الجو خلايا تتحرك أفقياً أو عامودياً، وتكون في أغلب الأحيان مدمجة بعضها في قلب بعض، تعطي الانطباع عن حركة غير منتظمة ومجزّأة. إن تضاريس سطح الأرض وخصائصه تفسّر هذا الاضطراب. في الارتفاعات العليا، تصبح الحركة أكثر انتظاماً: إنها تخضع «لتيارات هوائية» تقطع الكرة الأرضية من الغرب إلى الشرق على ارتفاع عدة كيلومترات، بسرعات تكون أحياناً مرتفعة (من 150 إلى 400 كلم في الساعة). وفوق هذه التيارات توجد كذلك رياح ستراتوسفيرية، لكن حركتها ودورتها ما زالت غير معروفة تماماً، كما أن تأثيرها على المناخ ليس محدداً.

إن التركيب الكيماوي للجو يسيطر عليه الأزوت (78%) والأوكسجين (20،7%) اللذان يشكلان حوالى 99% من كتلته الجافة (تختلف كمية الماء كثيراً ووفقاً للأمكنة والفترات الزمنية). تتقاسم غازات عديدة نسبة الـ 1% المتبقية، ومنها خاصة ثاني أوكسيد الكربون (0،03%)،



تظهر دراسة الجو خلايا تحدث فيها تدفقات مستقرة تقريباً، نذكر منها الأكثر شهرة والمعروفة بالصابيّات.

والغازات النادرة (أرغون، نيون، كريبتون، إلخ...) والهيدروجين، والهيليوم والميثان، والأوزون، وبعض مئات من الجزيئات الأخرى المتأتية من مصدر بشري أو طبيعي... توجد كذلك في الغلاف الجوي الأسفل كميات كبيرة من الغبار والجسيمات الأولية.

لخصائص الجو أهمية حاسمة بالنسبة للحياة. فدرجات الحرارة العالية التي تسود في طبقة الترموسفير تحمينا من القذف النيزكي الذي يكون شديداً في بعض الأحيان (خلال انهمار النيازك مثلاً). يصفّي الغلاف الجوي الأشعة ما فوق البنفسجية ذات التأثير السرطاني القوي، بفضل الأوزون خاصة، الموجود في طبقة الستراتوسفير العليا. يمتص الغلاف الجوي الحرارة ويثبّت درجة الحرارة. يمكن لبعض الأنشطة البشرية أن تغيّر بعض هذه الخصائص وفقاً لما أظهرته الأبحاث التي تناولت التغير المناخي وطبقة الأوزون. ■

أرقام

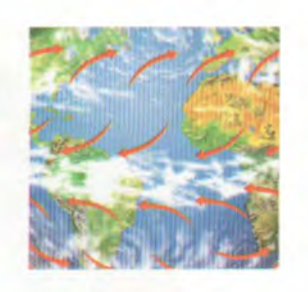
- تبلغ الكتلة الإجمالية للغلاف الجوي 5 ملايين مليار طن (5.10^{15}).
- بدون الغلاف الجوي لبلغت درجة الحرارة على سطح الأرض 100 درجة مئوية في النهار و150 درجة مئوية تحت الصفر في الليل.

هل تعلم؟

بدون الغلاف الجوي، لَبَدَت السماء سوداء والشمس بيضاء كما هي الحال في الفضاء. إن الأوكسجين هو الذي يعطي اللون اللازوردي إلى السماء الخالية من الغيوم، وذلك ببثه ضوءاً ضمن نطاق طول الموجات الزرقاء. كما أن غروب الشمس يبدو أحمر لأن الشمس عندما تكون منخفضة، تجتاز أشعتها سماكة أكبر عبر الغلاف الجوي. تمتص هذه السماكة بشكل تفاضلي الأشعة البنفسجية والزرقاء بحيث تتمكن الأشعة الحمراء والبرتقالية فقط من الوصول إلينا. إضافة إلى ذلك، عندما تكون الشمس أو القمر على مقربة من الأفق، يبدو الجو وكأنه عدسة مكبرة تكبّر قطرهما الظاهري. وأخيراً، تتمكن قطرات الماء العالقة في الجو - عندما تكون الشمس موجّهة بشكل مناسب - من تحليل الضوء الأبيض إلى ألوانه السبعة الأساسية: عندها نرى ظهور قوس القزح.

توضيح

اكتُشف مؤخراً أن أنواعاً من البكتيريا تتكاثر في الغيوم! وبالرغم من الطابع غير المؤات جداً لهذا الوسط (درجات حرارة منخفضة، مواد عضوية قليلة جداً) فإنها تتكاثر: تبلغ كثافتها حوالى 1 500 فرد منها بالمليمتر المكعّب! بتسهيل دمج جزيئات الماء، يصبح بإمكان هذه البكتيريا - على غرار بعض الغبار - أن تساعد في تكوين الأمطار.



الـريـــاح

حركات أفقية للغلاف الجوّي

تحت تأثير الضغط الجوّي ودوران الأرض والتضاريس، يظل الهواء في حركة دائمة. سواء أكانت هذه التدفقات منتظمة أو فوضوية، فإنها تساهم في المبادلات الحرارية وفي توزيع الأمطار.

للرياح أهمية أساسية في علم الأرصاد الجوية لأنها تعتبر وسيلة نقل للطقس الذي يسيطر في منطقة معينة. إنها حركة الهواء وتكون متوازية مع سطح الأرض وتنتج عن الاختلافات بين الضغط الجوي في نقاط عديدة من الكرة الأرضية. فما الضغط الجوي، في الأساس، إلاّ وزن عامود الهواء الموجود فوق رؤوسنا: عندما يكون هذا الهواء حاراً، يصبح أقل كثافة وبالتالي أقل وزناً؛ عندها ينخفض الضغط الجوي. وعلى العكس، يرتفع الضغط الجوي عندما يكون الهواء بارداً وبالتالي أكثر كثافة، مما يجعله أكثر ثقلاً. غير أن كل جسم مائع يميل إلى إقامة توازن في داخله.

وتكون النتيجة بأن «يتدفق» الهواء من المناطق الأكثر برودة والتي يسود فيها ضغط مرتفع (تعرف بالإعصار المعاكس) نحو المناطق الأكثر سخونة والتي يسود فيها ضغط منخفض (منخفض جوي). إذا كان الإعصار المعاكس قوياً وكان المنخفض الجوي شديداً جداً، ينقضّ الهواء من المنطقة الأولى باتجاه المنطقة الثانية، خاصة عندما تكون المنطقتان متجاورتان جغرافياً. وعلى العكس، يؤدي فارق بسيط في الضغط أو مسافة طويلة بين المنطقتين إلى هبوب هواء خفيف.

تخضع الرياح، إضافة إلى ذلك، إلى قوة كوريوليس، الناتجة عن دوران الأرض، والتي تحرف مسار الرياح نحو اليمين في نصف الكرة الأرضية الشمالي، ونحو اليسار في النصف الجنوبي. وبدلاً من أن تتحرك الرياح في خط مستقيم من مناطق الإعصار المعاكس إلى مناطق المنخفض الجوي، فإنها تميل إلى الدوران حول منطقة الإعصار المعاكس باتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي (يحدث العكس في النصف الجنوبي). وبتعبير آخر، نلاحظ في خرائط الأرصاد الجوية أن الرياح التي ينبغي أن تكون نظرياً عمودية على خطوط الضغط المتساوي (الخطوط التي يكون الضغط عليها متساوياً وهي مماثلة لخطوط المستوى على الخرائط الطوبوغرافية) هي موازية لها تقريباً في أغلب الأحيان. إن قوة كوريوليس تؤثر بشكل أقوى على الرياح السريعة منها على الرياح البطيئة، وكذلك يكون تأثيرها أقوى على مجاري الهواء الطويلة منها على القصيرة. لهذا السبب يلاحظ أن النسمات المحلية هي بشكل عام أقل انحرافاً.

وأخيراً، تخضع سرعة الرياح واتجاهها إلى تأثير التضاريس، فهذه الأخيرة تكبح الهواء بشكل عام. وعلى العكس، تساهم بعض التضاريس في تسريع الرياح وذلك بحصرها ضمن أقنية: من الأمثلة على ذلك ريح المسترال في وادي الرون.

في أمكنة عديدة، تعصف الريح وفقاً لنزواتها في كل الاتجاهات، وفي أماكن أخرى، تكون الرياح أكثر انتظاماً ويمكن عندها تصنيفها ضمن ثلاث فئات رئيسية: الرياح الدائمة، الرياح الموسمية، والرياح المحلية.

الرياح الدائمة ليست رياحاً مستمرة:

تميل حركات الغلاف الجوي إلى الانتظام في خلايا تسيطر فيها رياح دورية. يمكن لهذه البنيات المتحركة في أغلب الأحيان، أن تكون أفقية أو عامودية.

إن الفروقات في درجات الحرارة بين كتلتي هواء تولّد الريح .

أرقـام

- إن أكبر سرعة رياح تم تسجيلها حتى الآن بلغت 362 كلم في الساعة (جبل واشنطن، نيو هامشاير، الولايات المتحدة) عام 1934. أما الرقم القياسي في فرنسا فقد سجل عام 1967 في جبل فانتو: 320 كلم في الساعة. لكن الرقم القياسي المطلق الذي سجل فيعود إلى إعصار حدث في ويشيتا فولز في تكساس بالولايات المتحدة: 450 كلم في الساعة.
- لقوة الرياح علاقة بمربع سرعتها. فإذا زادت السرعة 5 مرات تزيد قدرتها التدميرية 25 مرة.
- تكون الرياح قادرة على تحطيم الأشجار عندما تتراوح سرعتها من 100 إلى 140 كلم في الساعة. وتسبب أضراراً فادحة بالمباني اعتباراً من سرعة 170 كلم في الساعة.

يمكن أن تنقطع أو أن تخلي المكان لرياح معاكسة. لكنها تنتج عن الاتجاهات الكبيرة للجو وهي تمثل حركات الهواء الأكثر تكراراً في المناطق التي تعبرها. إنها حال الرياح التجارية التي تهب من المناطق المعتدلة نحو خط الاستواء (حيث تخلق الحرارة شرّاقة هواء) وتخضع لانحراف نحو اليمين في نصف الكرة الأرضية الشمالي ونحو اليسار في النصف الجنوبي.

إن الرياح الموسمية ـ المثل النموذجي عنها هي الرياح الموسمية الآسيوية ـ تهب في اتجاه معين خلال نصف السنة وفي الاتجاه المعاكس خلال النصف الآخر من السنة. تنتج عامة عن تجاور كتلة قارية واسعة مع مسطح محيطي واسع. فالقارة ـ التي تمتاز بقصور ذاتي حراري أضعف تسخن بسرعة أكبر في فصل الصيف ـ وتصبح مكاناً لضغط منخفض، في حين أن هذه الظاهرة تنعكس في الشتاء.



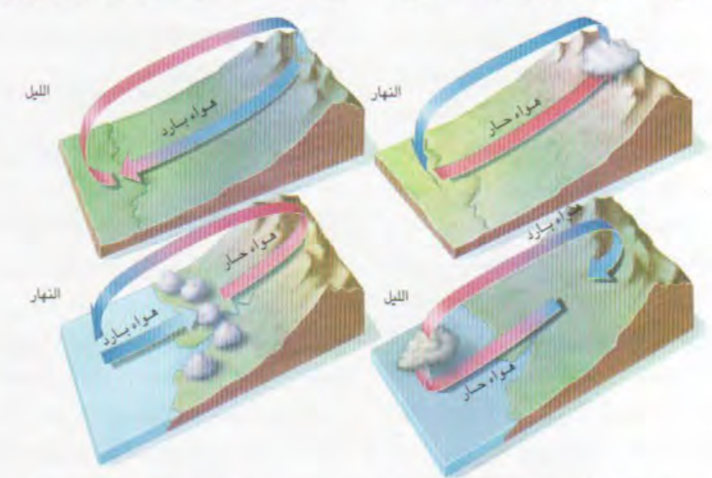
قد يؤدي تعرض الأشجار لرياح عنيفة إلى اقتلاعها أو تكسّرها.

فيما يتعلق بالرياح المحلية، فإنها تنتج عن ظروف أكثر خصوصية. إن نسيم البحر ونسيم البر، مثلاً، هي رياح يومية تهب في المساء والصباح على بعض الشواطئ؛ ففي الواقع، تكون اليابسة أكثر برودة من البحر خلال الليل: يهب الهواء عندئذ نحو عرض البحر، في حين أن اليابسة تسخن خلال النهار وبالتالي يأتي إليها الهواء. نلاحظ نفس الشيء في بعض الأودية: عندما تسخن تحت تأثير الشمس، يصعد الهواء بمحاذاة منحدرها (ظاهرة يعرفها جيداً الأشخاص الذين يمارسون رياضة القفز بمظلة مستطيلة من فوق أرض منحدرة) ثم يعود للانحدار عندما يعود الظل.

على ارتفاعات عالية جداً، تساهم رياح أخرى، تعرف بالتيارات الهوائية (أو جت ستريم) بفعالية في الحركة العامة للغلاف الجوي. تمتاز هذه الرياح العنيفة (يمكن أن تبلغ سرعتها 400 كلم في الساعة) بسماكة تتراوح من 3 إلى 5 كلم وعرض يتراوح بين 500 و 800 كلم ويبلغ طولها عدة آلاف من الكيلومترات. تهب هذه الرياح على ارتفاع يتراوح بين 9 و 11 كلم في المناطق المعتدلة، وبين 11 و 14 كلم في المناطق شبه الاستوائية (أو دون المدارية) وعلى ارتفاع أقل انخفاضاً في المناطق القريبة من القطبين.■

هل تعلم؟

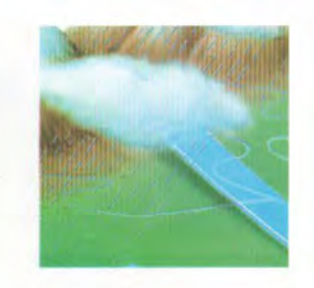
عندما تهاجر الجواثيم (رتبة من الطير) نحو الجنوب تطير بسرعة 40 كلم في الساعة تقريباً: فإذا هب هواء معاكس خلال عبورها البحر المتوسط، فإنها تبقى في مكانها ساعات طويلة وقد يهلك الكثير منها. بعض الأنواع الأخرى مثل الإوز العراقي تستطيع الطيران على علو 8 000م بحيث تتمكن من الاستفادة من التيارات الهوائية السريعة، القادرة على حملها إلى سرعة 150 كلم في الساعة. تستغل الطائرات كذلك هذه التيارات الهوائية السريعة، خلال عبورها أجواء المحيطات. وعندما تهب هذه التيارات في الاتجاه المؤاتي لاتجاه الطائرات، تتمكن هذه الأخيرة من تحقيق توفير كبير في المحروقات.



نسيم البر / البحر (أسفل)، نسيم الجبل / الوادي (أعلى). خلال النهار، تسخّن الشمس الأرض (الوادي)، يرتفع الهواء الساخن فيها ويخلق شرّاقة هواء. تنعكس هذه الظاهرة خلال الليل.

توضيح

الفونة رياح يخشاها سكان الجبال. تتكون الفونة عندما يجتاز سيل هوائي مجموعة من المرتفعات: يبدأ بالصعود تبعاً للتضاريس وبالتالي فإنه يبرد لأن الضغط ينخفض مع الارتفاع، مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الغازات. وعندما يجتاز القمة، ينحدر الهواء ويسخن بسرعة أكبر كلما كان الانحدار شديداً. إن هذه الهجمة المفاجئة لهواء ساخن وجاف تضعف حجاب الثلج فتسبب انهيارات ثلجية خطيرة.



المطر والصحو

توزيع المتساقطات

من البديهي أن يكون الجو أشد حرارة تحت أشعة الشمس، لكن الشمس وحدها لا تسبب الأمطار والطقس الجميل، إنما يساهم في ذلك الغلاف الجوّي وغيومه والمحيطات وتياراتها.



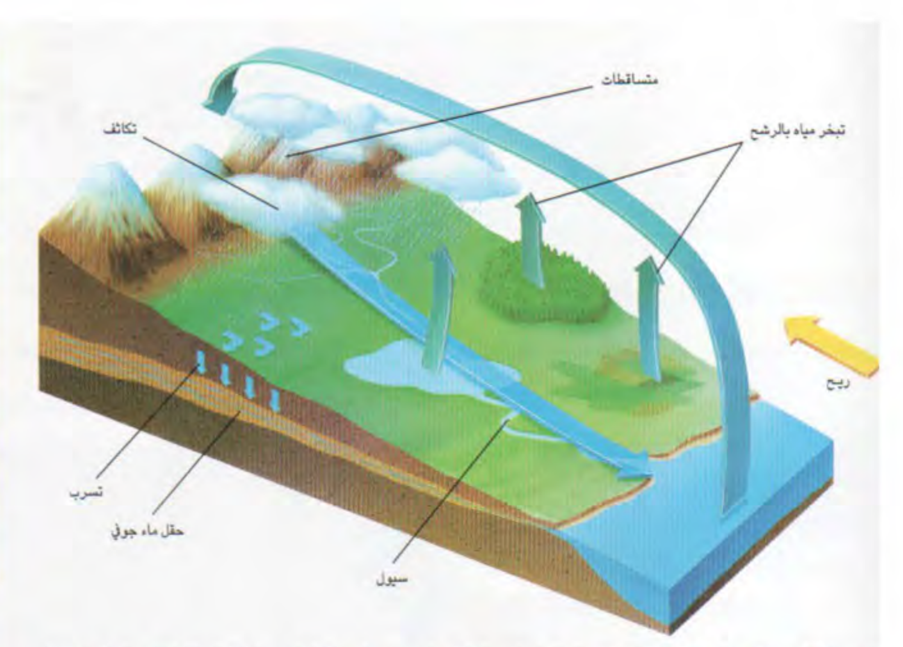
عندما يرتفع الهواء الحار والرطب عن سطح الأرض، فإنه يبرد ويكثّف بخار مائه في شكل غيوم. تتحرك هذه الأخيرة وينتهي بها الأمر إلى إرجاع الحرارة التي تلقتها في شكل متساقطات، بشرط وجود ما يكفي من بلورات الملح أو من الغبار داخل الغيوم.

يستمد سطح الأرض القسم الأكبر من طاقته من الشمس. لكن درجة حرارة الهواء تخضع أيضاً لتأثيرات الجو والمحيطات والقارات مجتمعة، التي تكيّف بدورها المتساقطات أو التهطال. في الواقع، تؤدي تغيرات الإشعاع الشمسي إلى تقلب درجة حرارة كوكبنا بشكل رئيسي. وحيث أن الأرض ترسم حول الشمس مداراً أهليلجي الشكل، فإن كمية الطاقة الشمسية التي تتلقاها تتغير خلال السنة: فهي تكون في حدها الأقصى يوم 3 كانون الثاني - يناير من كل عام، عندما تكون الأرض والشمس على أقرب مسافة من بعضهما البعض. وبسبب ميل محور الأرض، فإن كوكبنا يوجّه على التوالي أحد قطبيه نحو الشمس.

تتكون قطرات المطر حول بلورات الملح بشكل خاص.

عندما يكون القطب الشمالي متجهاً نحو الشمس، يكون نصف الكرة الأرضية الشمالي أكثر تعرضاً للإضاءة: يسود فيه عندئذٍ فصل الصيف في حين أن الشتاء يسود في نصف الكرة الجنوبي. يحدث العكس عندما يكون القطب الجنوبي أقرب إلى الشمس، فيسود الصيف في النصف الجنوبي والشتاء في النصف الشمالي.

فضلاً عن ذلك، ومهما كان الفصل، فإن أشعة الشمس لا تضيء سطح الكرة الأرضية بأكمله بنفس الطريقة. عند خط الاستواء، تكون أشعة الشمس عمودية على سطح الأرض وبالتالي فإن كمية الطاقة التي تتلقاها وحدة قياس المساحة تكون قصوى. عند القطبين، في المقابل، تلامس أشعة الشمس الأفق في وضع تماس وتكون كمية الطاقة المتلقاة في أدنى حد لها. إن الهواء الاستوائي الحار، والأقل كثافة، يميل إلى الارتفاع في الجو ليلتقي بالقطبين، في حين أن الهواء



في منطقة معينة، تتوقف كمية الماء المتوفرة، بشكل رئيسي، على الفارق بين المتساقطات وتبخّر المياه بالرشح. كمعدل وسطي على الكرة الأرضية، 65% من الأمطار تتبخر، و24% منها تسيل و 11% منها تترشح.

القطبي البارد والأكثر كثافة، ينحدر نحو سطح الأرض ثم يتجه نحو خط الاستواء. يتعقد هذا التحرك الجوي الواسع لكتل الهواء بسبب دوران كوكبنا ووجود القارات والمحيطات. فالقارات تسخن بسرعة نسبياً لكن تخسر كذلك حرارتها بسرعة - إنه الأثر القاري.

أما المحيطات فإنها تحتاج إلى وقت أطول لتسخن لكنها تحتفظ جيداً بالحرارة: إنها تشبه الحاشدات الكهربائية الضخمة التي تردّ في الشتاء ما تكون قد خزّنته في الصيف - إنه الأثر البحري.

تلعب المحيطات إذن دوراً جوهرياً في توزيع درجات الحرارة. تنقل التيارات (تيار الخليج الدافئ - جولف ستريم - مثلاً) المدفوعة بالرياح، المياه الساخنة من المناطق الاستوائية نحو القطبين، في حين أن تيارات أخرى مثل تيار همبولد، تنقل المياه الباردة من خطوط العرض العليا نحو العروض السفلى. نتيجة لذلك تكون درجات الحرارة في شمال النروج مثلاً أعلى بـ 24 درجة مئوية وسطياً من درجات الحرارة الاعتيادية عند نفس خط العرض (9 درجات مئوية تحت الصفر بدلاً من 33 درجة مئوية تحت الصفر). إضافة إلى هذه الظاهرة، يعطي المحيط في المناطق الحارة هواءً حاراً ورطباً يبرد خلال ارتفاعه ويكثّف بخار الماء في شكل غيوم.

تتحرك هذه الغيوم قبل أن تُرْجع بدورها بشكل متساقطات الحرارة التي تلقتها.

حتى تنطلق هذه المتساقطات، فإنها بحاجة إلى الهواء المشبع ببخار الماء المتحدر من المحيطات والبحيرات ومجاري الماء. وهي بحاجة كذلك إلى وجود جسيمات مجهرية داخل الغيوم (بلورات ملح ناتجة عن تبخّر رذاذ، أو بشكل نادر، بخار معدني أو عضوي) تسهل تكثّف قطرات الماء الصغيرة.

يكون الماء، داخل الغيمة، في حالة الميوعة تحت درجة التبلر: يمكن للماء أن يبقى في الحالة السائلة على درجة حرارة أدنى من الصفر المئوي. لكن هذه الحالة غير مستقرة وعند أدنى صدمة، يتحول الماء إلى بلور. عندما تتجمع البلورات، فإنها تتضخم وتصبح أكثر وزناً مما يسرّع انحدارها. يرتبط مستقبلها بمدة السقوط وبدرجة الحرارة المحيطة. إذا كانت درجة حرارة طبقات الهواء التي تجتازها أقل من الصفر المئوي، فإن البلورات تسقط بشكل ثلج. وفي الحالة المعاكسة، فإنها تذوب وتعطي قطرات متفاوتة الضخامة: إذا كان قطرها على سطح الأرض أعلى من 0,5 ملم، فإنها تُعرف بالأمطار، وإذا كان قطرها أقل من ذلك، فإنها تعرف بالرذاذ أو المطر الخفيف. هذا إذا وصلت إلى الأرض: كلما كانت صغيرة، مالت القطرات إلى التبخر خلال مسارها. لهذا السبب يتكون الرذاذ في الغيوم المنخفضة وفي وسط بارد ورطب يكون فيه التبخر بطيئاً.

تتلقى الأرض، بمعدل وسطي، حوالى متراً من الماء في السنة، لكن كمية المتساقطات تختلف كثيراً على سطح الأرض. عند خطوط العرض المتوسطة والقريبة من القطب، تكون الواجهات الغربية للقارات الأكثر رطوبة. أما في المناطق ما دون المدارية، تكون الواجهات الشرقية الأكثر رطوبة. فضلاً عن ذلك، وفي كلتا الحالتين، تحتوي القارات في داخلها على مسطحات صحراوية واسعة. أما الحزام الاستوائي، خارج منطقة مركزية ترتوي بشكل شبه مستمر، فإنه يتلقى كثيراً من الماء صيفاً وقليلاً جداً من الماء شتاء.■

هل تعلم؟

كلما ابتعدنا عن المحيط، كلما زادت الفروقات بين درجات الحرارة في النهار والليل. ففي جزيرة مالطا الصغيرة، تبلغ هذه الفروقات 4,5 درجة مئوية في كانون الثاني - يناير و6,5 درجة مئوية في شهر تموز - يوليو. في الخرطوم بالسودان، تبلغ الفروقات 17 درجة مئوية في كانون الثاني - يناير و13,5 درجة مئوية في تموز - يوليو. في قندهار بأفغانستان، تبلغ الفروقات 14 درجة مئوية في كانون الثاني - يناير و20 درجة مئوية في تموز - يوليو، وهي تتجاوز 23 درجة مئوية في أيلول - سبتمبر عندما تكون الغيوم قليلة.

توضيح

على خطوط العرض المتوسطة، يحدث غالباً أن ينزل الهواء القطبي البارد لملاقاة الهواء المداري الحار. هذا ما يعرف بالعوارض الجوية. في هذه الحالة، يشق الهواء الحار طريقاً ويرتفع. يؤدي وصول الهواء الحار إلى انخفاض الضغط عند الارتفاعات: إنه المنخفض الجوي. يسبب ذلك، في الجهة الأمامية، أمطاراً مستمرة ورذاذاً، يطلق عليها اسم «الجبهة الساخنة». ويسبّب أخيراً عند الجهة الخلفية، أمطاراً شديدة وعواصف: إنها «الجبهة الباردة» أو «منطقة الانجرار».



دورة الكربون

توازن يخلّه الإنسان

ينتقل الكربون، بشكل معدني أو عضوي، بصورة دائمة بين الغلاف الجوّي والمحيطات والقشرة الأرضية والكائنات الحيّة. إن هذه الدورة الكبيرة التي يقطعها الكربون حيوية بالنسبة للعلم الذي يدرس بيئة كوكب الأرض، لكنها تتعرض للاختلال بسبب الأنشطة البشرية.

بسبب الأنشطة البشرية (صناعات، تلوث مدني، تربية مواشي وزراعة)، من الممكن أن يتضاعف تركيز ثاني أوكسيد الكربون في الجو، خلال المئة سنة القادمة.

الكربون هو عنصر كيماوي أساسي: إنه يلعب، في شكله العضوي، دوراً أساسياً في تركيب المادة الحية. أما في شكله المعدني الغازي (ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الجو)، فإنه يمارس تأثيراً حاسماً على المناخات الأرضية. إن الكربون، الذي يخضع للتدوير باستمرار، يتحرك في الطبيعة بشكل رئيسي، بين الغلاف الجوي، والمحيطات والمحيط الحيوي الأرضي (مجموعة الكائنات الحية).

إن الكربون العضوي موجود في الجزيئات المكوِّنة للكائنات الحية، وفي المادة الحية المتحللة (الدُبال أو التربة العضوية مثلاً) وفي المحروقات الأحفورية (غاز طبيعي، بترول، فحم). يتوفر الكربون اللاعضوي في القشرة الأرضية بشكل صخور مشبعة بالكربونات (جير أو كلس) أو بشكل معدني أوّلي (الماس، غرافيت). أما في البحر والمياه العذبة، فإنه موجود بشكل ذائب (ثاني أوكسيد الكربون، كربونات وثاني كربونات). يوجد الكربون في الجو بشكل غازي: ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) بشكل رئيسي، وأيضاً الميثان (CH_4).

يطرح الإنسان كل عام عشرة مليارات طن من الكربون في الجو.

إن التطورات البيولوجية والجيولوجية والكيماوية التدريجية المتتابعة التي تتدخّل في دورة الكربون هي عديدة ومعقدة. وهكذا فإن مبادلات الكربون بين المحيطات والقشرة الأرضية تؤمّنها كائنات بحرية عديدة تتلقى الكربونات المذابة في الماء لتشكل صدفة كلسية أو لتبني هيكلها الصلب. عند موتها، تترسب هذه العناصر الصلبة في الأعماق البحرية وتتحول إلى صخور مشبعة بالكربونات. وبهذا الشكل، يظل الكربون مجمداً في القشرة الأرضية خلال عشرات ملايين السنين، قبل أن يحرّره التآكل. يؤمن النشاط البركاني الذي يفرز ثاني أوكسيد الكربون العبور المباشر للكربون من القشرة الأرضية إلى الجو.
لكن المحرّكين الأساسيّين لدورة الكربون هما التركيب الضوئي والتنفّس. التركيب الضوئي تجريه النباتات الخضراء القادرة على استعمال الطاقة الضوئية لإنتاج مادة عضوية انطلاقاً من ثاني

أرقام

- يحتوي المحيط على حوالى 37 000 مليار طن من الكربون اللاعضوي وعلى 1 000 مليار طن من الكربون العضوي.
- تحتوي النباتات الأرضية على 600 مليار طن من الكربون مركّز بنسبة 90% في الغابات.
- يوجد 1 700 مليار طن من الكربون في التربة، بشكل عضوي أو لا عضوي.
- تختزن القشرة الأرضية أكثر من 20 مليون مليار طن من الكربون، في شكل صخور مشبعة بالكربون بصورة أساسية.

أوكسيد الكربون والماء. وهي تطلق الأوكسجين. وهكذا فإن النباتات الأرضية تنتج 120 مليار طن من ثاني أوكسيد الكربون (بشكل سكريات، ودهنيات وبروتينات) في العام. في المقابل، يستعمل التنفس الأوكسجين «لحرق» المادة العضويّة ولتزويد الكائنات الحية بالطاقة. وهو يترافق مع إطلاق ثاني أوكسيد الكربون.

كل عام، يتم تبادل حوالى 100 مليار طن من الكربون، بشكل ثاني أوكسيد الكربون، بين سطح المحيطات والجو. تمتص المياه الباردة ثاني أوكسيد الكربون، بشكل تلقائي، في حين أن المياه الحارة تميل إلى إطلاقه. تتدخل الطحالب في المرحلة الأولى من هذا الانتقال لأنها تمثل (أو تهضم) كمية أكبر من ثاني أوكسيد الكربون بواسطة التركيب الضوئي، تفوق الكمية التي تنتجها بالتنفس. تشكل هذه الطحالب الحلقة الأولى للسلاسل الغذائية التي تؤمّن، كما في القارات، حركة الكربون بين الكائنات الحية.

قبل وصول الحضارة الصناعية، كان الغلاف الجوي يحتوي على 580 مليار طن من الكربون - موجودة خصوصاً بشكل ثاني أوكسيد الكربون، يضاف إلى ذلك كمية قليلة من الميثان. كانت نسبة ثاني أوكسيد الكربون في الهواء تقارب 280 سنتمتر مكعب في المتر المكعب من الهواء. ومنذ قرنين، لم تتوقف هذه النسبة عن الارتفاع (360 سنتمتر مكعب في المتر المكعب عام 1997) ومن الممكن أن تتضاعف من الآن وحتى نهاية القرن الحادي والعشرين. يعود هذا الارتفاع خاصة إلى احتراق الطاقة الأحفورية التي تَرُدّ بشكل اصطناعي إلى الجو جزءاً من الكربون المحصور في القشرة الأرضية، وتعود كذلك إلى اجتثاث الأحراج، والحرائق واستغلال خشب التدفئة. كما أن كثافة الميثان في الجو قد زادت بسبب الأعمال الزراعية الحديثة (زراعة حقول الأرز وتربية المواشي المجترّة التي ينتج عن عملية هضمها انبعاث غاز الميثان).

إن انبعاث مثل هذه الغازات، وخاصة ثاني أوكسيد الكربون، هو في صلب مشكلة

هل تعلم؟

إن الاتساع الكبير لزراعة الأرز في آسيا، وزيادة عدد الحيوانات المجترّة الأليفة هي من بين أسباب الزيادة الملحوظة لكثافة الميثان في الجو. في الواقع، ينتج الميثان الجوي (CH_4) بواسطة بكتيريا تعيش في المياه الراكدة في المستنقعات وحقول الأرز (حيث يُستَدَل على وجود الميثان من الفقاعات الصغيرة التي تنفجر على سطح الماء) أو في القناة الهضمية للمجترات والأَرَضية (دود الخشب). خلال عملية الهضم، تطرح البقرة الواحدة في اليوم 600 ليتراً من الميثان.

زيادة سخونة الجو، بسبب انبعاث الغازات الدفيئة. تمتص المحيطات جزءاً من فائض ثاني أوكسيد الكربون، لكن هذا العمل المعدِّل لا يكفي لتثبيت نسبة هذا الغاز في الجو. يمكن لزيادة متوسط حرارة الأرض أن تكون 0,5 درجة مئوية إذا تثبتت الانبعاثات خلال العقود القادمة، لكن السيناريوهات الأكثر تشاؤماً تتوقع ارتفاعاً لحرارة الأرض مقداره 3 درجات مئوية من الآن وحتى العام 2040. وحتى إذا ما تم التوصل في يوم ما إلى تخفيض استهلاك الطاقة، فإن العودة إلى الوضع الطبيعي ستكون تدريجية إلى حد بعيد، لأن التطور المتتابع للترسّب الذي يحبس الكربون هو بطيء للغاية. ■



يتحرك الكربون باستمرار في الطبيعة بين الغلاف الجوي والمحيطات والكائنات الحية. تخلخل الأنشطة البشرية هذه الدورة، عندما تطرح في الجو جزءاً من الكربون الذي كان مجمّداً في باطن الأرض بشكل فحم أو بترول.



مناخات العالم

تنوّع عجيب

يمثل المناخ سلسلة الحالات التي يمر فيها الجو وفقاً لتعاقبها الاعتيادي فوق مكان معين. نستنتج من ذلك أن المناخات تتنوع بتنوع الأمكنة. وحتى لا يختلط الأمر، من الضروري إذن تحديد مناطق معينة تسود فيها ظروف مناخية متشابهة ـ عند الاقتضاء يكون هذا التحديد مصطنعاً بعض الشيء ـ لم يَحظَ أي تصنيف حتى الآن بالإجماع (سوف نقترح تصنيفاً على الصفحات اللاحقة)، بالرغم من أن علماء المناخ يتفقون بالطبع على النقاط الأساسية.

يأوي كوكبنا صحارى شديدة الجفاف وكذلك غابات مدارية تقارب درجة الرطوبة فيها 100%.

مناخ يتميز بفصلي صيف وشتاء (مثل مناخ «صيني»، وشبه مداري)

مناخ متوسطي

مناخ جاف: 1 ـ ذو شتاء بارد
2 ـ ذو شتاء حار

مناخ مداري مائل نحو الجفاف

مناخ مداري مائل نحو الرطوبة

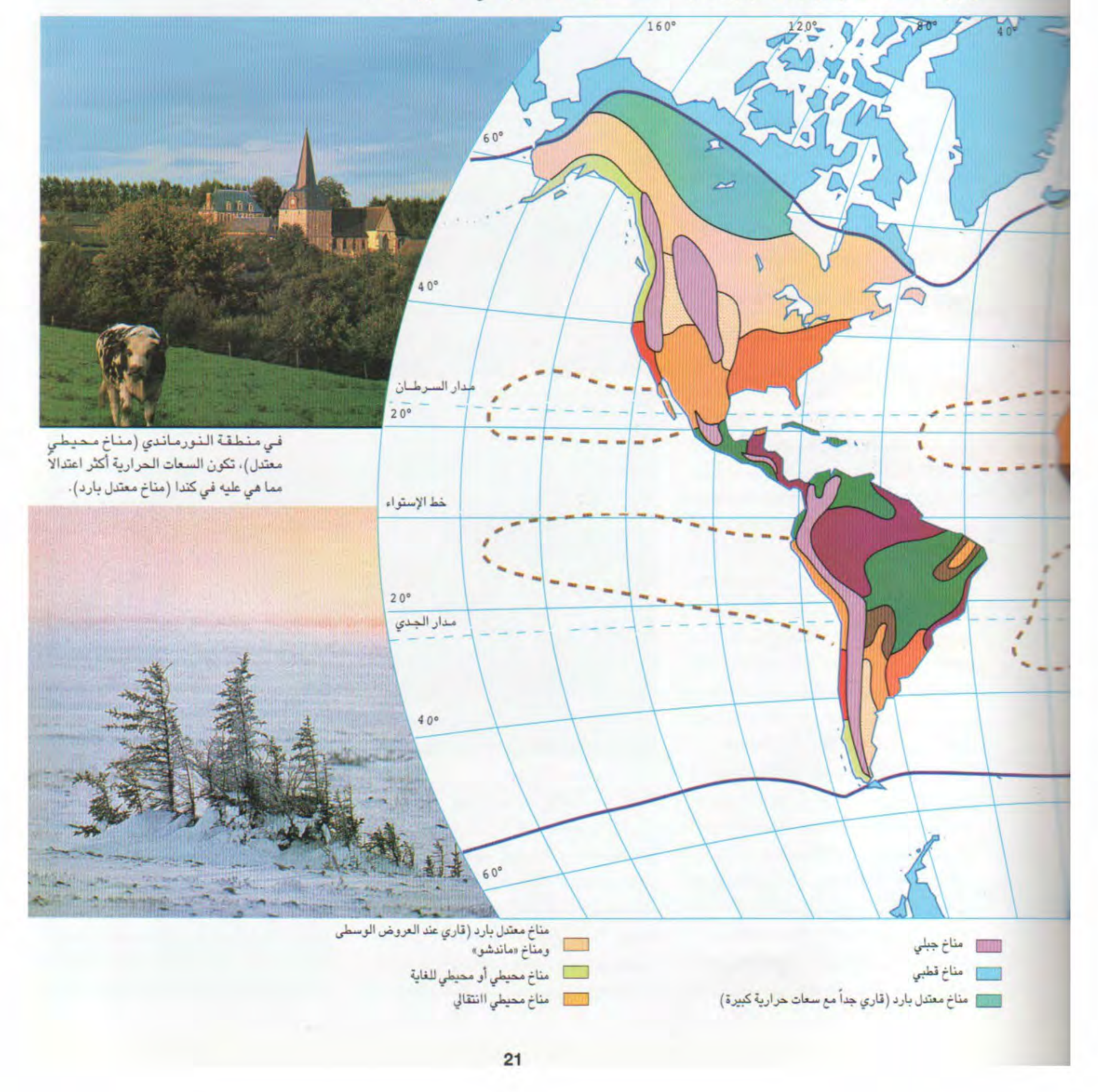
مناخ استوائي

— حدود متوسط درجات الحرارة الأدنى من 10 درجات مئوية للشهر الأشد حرارة

- - مناطق بحرية ذات متساقطات ضعيفة (أقل من 500 ملم)

ما هي العوامل الأساسية التي تتفاعل فيما بينها لتشكل المناخ؟ هناك أولاً الموقع بالنسبة لخطوط العرض: كلما اقتربت المنطقة المعنية من القطبين، كانت أشعة الشمس أكثر انحناءاً ـ يصفيها الجو إذن ـ كلما فقدت الكثير من طاقتها قبل وصولها إلى سطح الأرض. على العكس، تكون الأشعة التي تصل إلى خط الاستواء الأكثر احتواءاً للطاقة.

يجب كذلك الأخذ بعين الاعتبار الأثر الملطّف للمحيطات، التي تلعب دور «مُخمدات» حرارية حقيقية: إن المناطق القريبة من الكتل المائية الكبيرة تكون فيها السعات الحرارية ضعيفة. إضافة إلى ذلك، تؤثر المحيطات بشكل كبير على المتساقطات لأنها تزوّد الجو بالكمية الضرورية من الماء. أما المناطق البعيدة عن المحيطات فهي شديدة الجفاف بشكل دائم وتعرف فصول صيف شديدة السخونة تتعاقب مع فصول شتاء جليدية. وأخيراً تلعب التضاريس دوراً حاسماً: تنخفض درجة الحرارة المتوسطة حوالى 10 درجات مئوية كلما ارتفعنا 1 000 متر. تعرف سلاسل الجبال الكبيرة بشكل دائم متساقطات يزيد معدلها عن المعدل الإقليمي، وخاصة على السفح المعرّض للرياح الدائمة. على العكس، يكون المنحدر المقابل أكثر جفافاً بشكل عام. ■

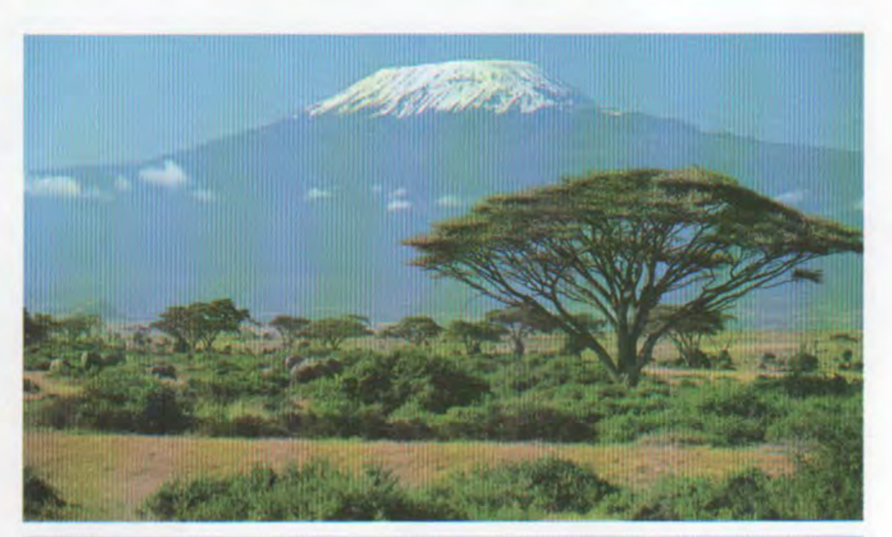


في منطقة النورماندي (مناخ محيطي معتدل)، تكون السعات الحرارية أكثر اعتدالاً مما هي عليه في كندا (مناخ معتدل بارد).



المناخات المدارية
تنوّع إقليمي متعدِّد

تتميز المناخات المدارية بسخونة دائمة وتنوّع شديد في سقوط الأمطار، وهي ترتبط بتشكيلات نباتية تمتد من السباسب (سهول كثيرة العشب) المتفرقة وصولاً إلى غابات تتميز بكثافة وغنى شبه استوائيَيْن.





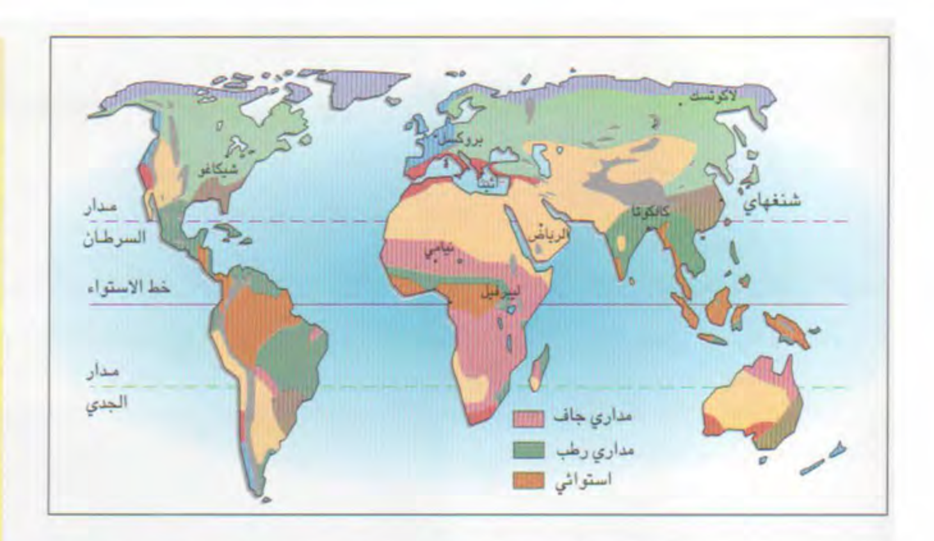
في المناخات المدارية، بالإمكان ملاحظة تعاقب فصل جاف (أسفل) مع فصل رطب (أعلى). ينتج عن ذلك في أغلب الأحيان نباتات من نوع السهوب وتكثر فيها آكلات العشب.

فصول عديدة، بدون شتاء. يمكن إطلاق هذا التحديد على المناخ المداري، الذي يغطي مسطحات واسعة على جهتي المنطقة الاستوائية. لا ينخفض متوسط درجة الحرارة خلال الأشهر الأشد برودة في السنة تحت عتبة الـ 18 درجة مئوية. غير أن الفروقات اليومية والسنوية في المناخ المداري تكون أكثر أهمية منها في المناخ الاستوائي (قد تنخفض درجات الحرارة اليومية الدنيا إلى 12 درجة مئوية، وربما 10 درجات مئوية). يتميز هذا المناخ بتعاقب متميز بين فصل جاف وفصل رطب. لكن حجم الأمطار العام ومدة الفصل الجاف يختلفان كثيراً من منطقة إلى أخرى.

يظهر المناخ المداري تحت أشكال هي من الجفاف بحيث يمكن وصفها بالصحراوية، أو من الرطوبة بحيث يصعب تمييزها عن مثيلاتها الاستوائية. تعرف الأولى بالمناخ المداري الصحراوي، حيث يسود الفصل الجاف، أما الثانية فتعرف بالمناخ المداري

فصل جاف، فصل رطب...
لكن بدون فصل شتاء.

الرطب، الذي يتماثل بالمناخ الموسمي مع فصل أمطار قد يدوم ستة أشهر. تتأرجح معظم الحالات بين هذين الحدّين، حيث تتعاقب ثلاثة فصول بشكل عام. يتميز الشتاء بدرجات حرارة باردة نسبياً (19,7 درجة مئوية في مدينة هويه في فيتنام في شهر شباط - فبراير مثلاً)، وبليل أطول من النهار (حتى 14 ساعة) وبأشعة شمس أكثر انحناءاً. يأتي بعد ذلك الفصل الحار، والجاف نوعاً ما (29,5 درجة مئوية، 72 ملم من الأمطار في شهر حزيران - يونيو في نفس المدينة)، وبعدها يأتي الفصل الرطب. وإذا أخذنا نفس المثل للمدينة الفيتنامية، التي تتعرض للرياح الموسمية، فإنه يسقط فيها بين شهري أيلول - سبتمبر وكانون الأول - ديسمبر حوالى 2 000 ملم من الأمطار (مقابل 270 ملم خلال الأشهر الأربعة الأكثر جفافاً). إن المقارنة مع واغادوغو (في بوركينا فاسو) هي ذات مغزى حول تنوع المناخ المداري: ففي هذه المدينة، يصل معدل



للمناخات المدارية مميزات مختلفة تبعاً لتجاورها مع مناطق استوائية، أو معتدلة أو صحراوية، لكن الشيء المشترك بينها هو غياب الفصل البارد.

الأمطار خلال الأشهر الأربعة الأكثر مطراً (حزيران - يونيو حتى أيلول - سبتمبر) إلى 670 ملم، وخلال الأشهر الأربعة الأكثر جفافاً، إلى 2 ملم! في أفريقيا، يمكن ملاحظة نوع من الاستمرارية المناخية بين المنطقة الاستوائية والمنطقة الجافة؛ لكن الأمر يختلف في آسيا حيث يسبب حاجز الهملايا حداً فاصلاً واضحاً، وكذلك في أميركا حيث تشكل سلسلة جبال الأنديز اختلالاً لمناطقية المناخات.

من السباسب إلى الغابات الموسمية، تنمو نباتات شديدة التنوّع.

تترافق الاستمرارية المناخية، إذا وجدت، باستمرارية في التشكيلات النباتية المقترنة بها. إن النماذج الجافة للمناخ المداري تولد سباسب قريبة جداً من السهوب التي تميز المناطق النصف جافة. لكن رطوبتها المرتفعة قليلاً تسمح بظهور أشجار مبعثرة (سنط أو أقاقيا، باوباب أو حميرة، نخيل، فربيون متشجّر) تصبح كثيفة أكثر وأكثر كلما ارتفع معدل قياس المطر، أي بشكل عام كلما اقتربنا من خط الاستواء. وهكذا ينتهي الوسط بالانغلاق وتكوين غابة «جافة» أو «غابة موسمية»، ذات أوراق مُعْبِلة (تفقد الأشجار أوراقها مع بداية الفصل الجاف لتخضرّ ثانية مع أول المطر) تتطور تدريجياً لتصبح غابة ظليلة (تعرف كذلك بالغابة المطيرة أو الغابة الرطبة) وهي تميز المناخ الاستوائي. إن خصوبة تربة السباسب ضعيفة، خاصة في حالة السباسب الجافة، التي تتعرض عادة لحرائق تنثر الرياح رمادها فيما بعد. تؤثر كثافة الأشجار إيجابياً على هذه الخصوبة، خاصة لأن جذورها الطويلة تمتد إلى الأعماق لتستمد العناصر المغذية التي ترتد بعد ذلك إلى طبقات الأرض السطحية مع تساقط الأوراق. أما بالنسبة للغابة الموسمية، فهي تشكيل غني ومتنوع بالرغم من كونها ذات أوراق معبلة. إنها تأوي بشكل خاص مجموعات واسعة من الخيزران، وتحتوي على نباتات متسلقة عديدة (خاصة الكروم الخشبية)، ومشاشات (نباتات) عشبية عالقة منها الكثير من السحلبية وعدد آخر من الأشجار شديدة الارتفاع وذات قيمة كبيرة. الدلب الهندي هو المثل الأكثر شهرة من هذه الأنواع الثمينة: مصدر هذه الشجرة الهند وتايلاند وأندونيسيا، ويمكن أن يبلغ ارتفاعها 50 متراً، ويبلغ محيط جذعها مترين، وهي تزرع حالياً في المناطق المدارية في أفريقيا وأميركا. تعود قيمتها إلى عدم قابليتها للتعفن: هناك جسور مصنوعة من الدلب الهندي يعود عمرها إلى أكثر من 1 000 عام ما زالت تزيّن بعض القصور الهندية. إن الطمع الذي تثيره هذه الأشجار يفسّر جزئياً الاجتثاث الذي تتعرض له الغابة الموسمية. لكن استصلاح الأراضي بواسطة الوقيد (حريق أشجار للزرع في موضعها) بغية الحصول على أراضي زراعية جديدة يستوفي كذلك ضريبة غالية الثمن. وإذا ما أخَّرت النزوات المرتبطة بظاهرة النينيو فصل الأمطار، فإنها قد تحول هذا الوقيد إلى حرائق تجتاح غابات عملاقة وتؤدي إلى نتائج بيئية وخيمة. ■

هل تعلم؟

إن الحشرات التي تميز السباسب هي الأرضة (دود الخشب أو الأدمة) تتوزع على 1 900 جنس وتعتبر كلها مدارية. إنها تدوّر ثلث المادة العضوية المتوفرة، لأنها تأوي في قناتها الهضمية كائنات وحيدة الخلية قادرة على هضم السلولوز الموجود في النباتات. إضافة إلى ذلك، تربّي الأدمة عادة فطريات تكافلية (تعيش بالتكافل) تساعدها على تحلل المادة النباتية. في بعض مناطق أفريقيا، تعج السباسب بأوكار للأرضة يمكن أن يبلغ ارتفاعها 9 أمتار.

توضيح

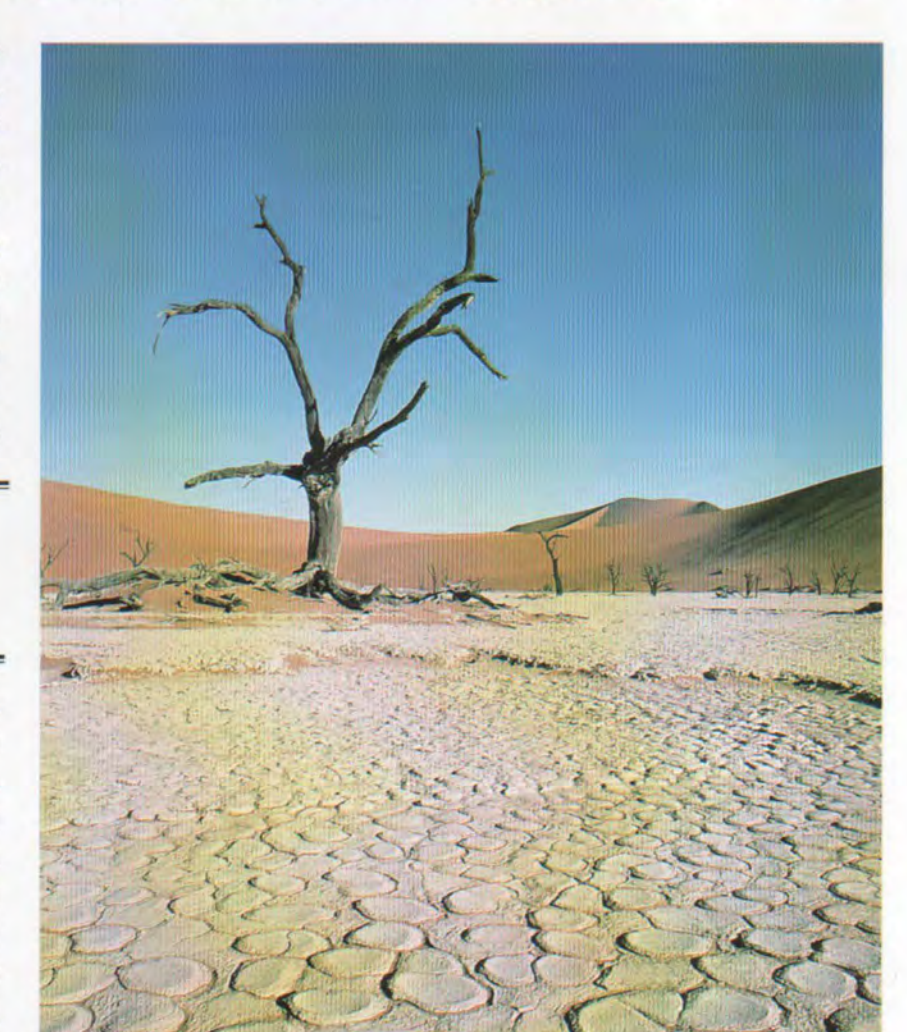
المدارات هي خطوط تجمع النقاط الأكثر بعداً عن خط الاستواء والتي يمكن فيها رؤية الشمس في سمتها على الأقل يوماً واحداً في السنة. يعرف هذا اليوم بالمنقلب الشتوي - 21 كانون أول - ديسمبر بالنسبة لمدار الجدي (نصف الكرة الأرضية الجنوبي) - وبالمنقلب الصيفي - 21 حزيران - يونيو بالنسبة لمدار السرطان (نصف الكرة الأرضية الشمالي) -. تكون المدارات عامة مركزاً لضغط مرتفع، ما يلبث أن ينخفض حتى يبلغ ما يعرف بمنطقة الالتقاء ما بين المدارين أو «خط الاستواء الأرصادي» وهي منطقة تتقلب على جهتي خط الاستواء وتتميز بحزام سميك من الغيوم. إن هذا الممال (فرق الضغط الجوي بين نقطتين) هو المسؤول عن ممال الأمطار.



المناخات الجافة

جفاف دائم

تتوافق هذه المناخات مع مَوَاطِن على جانب من التنوع، تبعاً لدرجة جفافها وموقعها الجغرافي. تسعى الكائنات الحيّة التي تسكن فيها إلى التقاط الكميات القليلة والمتوفرة من الماء للانتفاع منها بقدر الإمكان.



إن صحراء الناميب هي واحدة من أكثر الصحارى جفافاً على الأرض. لا يتعدى معدل سقوط الأمطار في بعض القطاعات فيها 19 ملم في العام! غير أنها تتميز بدرجة حرارة معتدلة بشكل عام (أقل من 20 درجة مئوية).

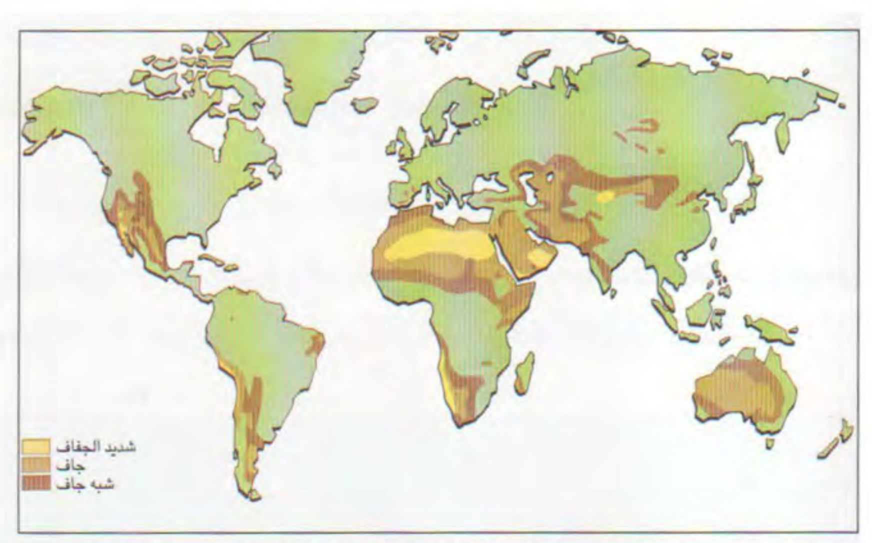
تتوافق المناخات الجافة وما دون الجافة مع الصحارى وأنصاف الصحارى، وهي تغطي ثلث الأراضي غير المغمورة في العالم. الصفة المشتركة فيما بينها هي نقص الماء المزمن، لأن التبخر يفوق بشكل منهجي كمية المتساقطات النادرة أصلاً (معدلها السنوي أقل من 200 ملم بشكل دائم) والتي تسقط عادة بالصدفة. غير أن العوامل المناخية الأخرى (متوسط درجة الحرارة، الريح، الارتفاع عن سطح البحر، الخ...) تتغير بشكل كبير من صحراء إلى أخرى تبعاً لنوعها. إن الجفاف هو ظاهرة مكانية تتعلق بمنطقتين واقعتين على خطوط العرض 30 درجة مئوية شمالاً و 30 درجة مئوية جنوباً، تنزل كتل الهواء عند مستواها فتسخن بسبب امتصاصها للرطوبة، ثم تصعد. في الصحارى، يضاف هذا الحدث المكاني إلى الجفاف، ذي الميزة الزمنية، وهو يتوافق مع فترة طويلة بدون أمطار. عادة، يمكن تمييز ثلاثة فئات كبيرة من الصحارى، وفقاً للعامل الذي يفسر الجفاف.

تتميز الصحارى ما دون المدارية بارتفاع في الضغط الذي يسود بشكل شبه دائم

يتغلّب البخار على المتساقطات.

على خطوط العرض المارة فيها. الصحراء الكبرى (أوسع مسطح جاف على الأرض، إذا ضممنا إليه المملكة العربية السعودية)، الكالاهاري (جنوب غرب أفريقيا)، أستراليا الوسطى، أريزونا والمكسيك: تتميز كل هذه الصحارى بدرجات حرارة مرتفعة (من 25 درجة مئوية إلى 30 درجة مئوية كمعدل وسطي)، وفروقات حرارية كبيرة جداً بين الليل والنهار، تتعدى أحياناً 30 درجة مئوية. في الواقع، تتصفى أشعة الشمس قليلاً جداً في هذه المناطق التي تندر فيها الغيوم. خلال النهار، تسخن الأرض بتأثير أشعة شديدة وخلال الليل، ترد الأرض بشكل سريع جداً بواسطة الإشعاع، الحرارة المتراكمة، مما يؤدي إلى هبوط شديد للحرارة.

تقع الصحارى الساحلية دائماً غرب القارات وتأخذ عامة شكل أحزمة طويلة



إذا كانت الصحارى تقترن عادة بالمناطق المدارية (خطي العرض 30 درجة)، فإن سلاسل الجبال والمحيطات تلعب كذلك دوراً في تمركزها.

متجهة من الشمال إلى الجنوب. يُفَسَّر وجودها بوصول تيارات بحرية باردة تخفض درجة حرارة الهواء وتحدث فوق المنطقة إعصاراً معاكساً يوقف وصول الأمطار. تندرج ضمن هذه الفئة صحارى كاليفورنيا السفلى، الناميب، موريتانيا والصحراء الشيلية البيروفية. تكون فيها درجات الحرارة أكثر برودة كما يكون التفاوت الحراري فيها أقل مما هو عليه في الصحارى ما دون المدارية.

وأخيراً الصحارى القارية مثل صحراء جوبي في آسيا الوسطى، وهي تتميز بجفافها الشديد وفيها تفاوت حراري كبير. ولأنها تقع في مناطق بعيدة عن المحيطات، فإنها تعرف فصولاً متميزة كثيراً، فالشتاء يكون جليدياً عادة خلال عدة أشهر.

يقترن عادة بالصحارى القارية ما يعرف بالصحارى - الملجأ، التي تحميها سلاسل الجبال العالية من الرياح الدائمة وبالتالي من المتساقطات التي تحملها. نجدها بشكل خاص إلى الشرق من الجبال الصخرية وسلسلة جبال الأند. غالباً ما تقع هذه الصحارى تحت تأثير قوي لرياح الفونة التي تسرّع التجفيف، مثل الشينوك في كندا أو الريح التي تهب على صحراء زوندا في باتاغونيا.

تتغير درجة الجفاف من صحراء إلى أخرى. وهكذا يمكن، وفقاً لأهمية المتساقطات، تمييز الصحارى الشديدة الجفاف (أقل من 50 ملم من الأمطار سنوياً)، والصحارى الجافة (من 50 إلى 150 ملم من الأمطار) وما دون الجافة (أكثر من 150 ملم). لا تعبّر كمية المتساقطات إلا جزئياً عن الجفاف الحقيقي، لأن هذا الأخير يتعلق كذلك بدرجة الحرارة، الرياح وبثوابت أخرى مثل طبيعة التربة. كذلك يجب أخذ توزيع المتساقطات بعين الاعتبار: فأمطار ضعيفة ولكن يومية خلال عدة أشهر ليس لها نفس الأثر على الأحياء كأمطار غزيرة تسقط فجأة لمدة ثلاثة أيام خلال العام.

تتنوع النباتات المرتبطة بهذه المناخات مع النوعيات المحلية: فتوجد كل التشكيلات الممتدة من تربة جرداء تماماً (تكون في أغلب الأحيان صخرية أكثر منها رملية) إلى سباسب كثيفة نسبياً. باستثناء بعض الأنواع المتفرقة المتكيفة بشكل خاص، لا توجد أشجار في هذه المناطق خارج الواحات. فالأمطار المهمة النادرة يليها بشكل عام تفجّر حياة حيث تباشر النباتات بالنمو بسرعة وإعطاء الزهور والثمار قبل جفاف التربة. وللبقاء على قيد الحياة في هذه الأوساط الشديدة، تنمّي الحيوانات طرق تكيّف فيزيولوجي وسلوكي متنوعة: بول مركّز للاقتصاد في الماء، هجرات موسمية، طمر تحت سطح التربة، نمط حياة ليلي. ■

أرقـام

- تنتشر الصحارى الشديدة الجفاف على مساحة 6 ملايين كلم مربع، في حين أن الصحارى الجافة وما دون الجافة تحتل مساحة 22 مليون كلم مربع.
- يمتاز شمال الصحراء الكبرى بدرجة حرارة مطلقة قياسية حارة (70,1 درجة مئوية في تامنراست) وبدرجة برودة قياسية للصحراء (6 درجات مئوية تحت الصفر في كولومب بشار في الجزائر)، حيث يسيطر الصقيع 14 مرة في العام كمعدل وسطي.
- لم تسقط نقطة مطر واحدة على أريكا في التشيلي، بين شهر كانون الثاني - يناير 1931 وحزيران - يونيو 1937!

هل تعلم؟

في حين أن البلدان الرطبة تتمتع بشبكة مائية دائمة تصل إلى البحر، لا تتوفّر في البلدان ذات المناخ الجاف أو نصف الجاف إلا سيولاً مؤقتة. تضيع المياه عادة قبل وصولها إلى البحر. إن منسوب النيل ينقص من عاليته إلى سافلته، بعكس أنهر البلدان الرطبة.

توضيح

إن وادي الموت هو الوادي الأشد حرارة وجفافاً في الولايات المتحدة. يبلغ طوله 225 كلم وعرضه 20 كلم، وهو شديد الجفاف، تبلغ درجة الحرارة فيه في فصل الصيف 50 درجة مئوية (سجلت درجة الحرارة فيه رقماً قياسياً بلغ 57 درجة مئوية عام 1913) ومعدلات متساقطات تصل إلى حوالى 40 ملم في السنة. وتمر بعض السنوات أحياناً بدون متساقطات! يمكن تفسير هذه الظروف الشديدة بوجود عدة سلاسل جبال إلى الغرب (تقع إذن تحت تأثير الرياح الدائمة) تجفف هواء الوادي حيث يقع القسم الأكبر منه تحت سطح البحر (فيه توجد النقطة الأدنى في القارة الأميركية، الموجودة على ارتفاع 86 متراً تحت مستوى البحر). بالرغم من الحر اللاذع، لا يمكن التعرّق أبداً في وادي الموت لأن الهواء فيه جاف لدرجة تجعل العرق يتبخر فوراً. أصبح هذا المكان المشهور بجمال جماده منتزهاً وطنياً منذ العام 1994.



المنـاخ الاستـوائـي

حرارة، أمطار ورطوبة

تختلط حدود المناخ الاستوائي مع حدود الغابة الرطبة التي هي ثمرة هذا المناخ وفي الوقت عينه شرط وجوده. يأوي هذا المدى الجغرافي الذي لا يغطي إلا 7% من اليابسة أكثر من 50% بالمئة من الأنواع الحيّة.



إن المناخ الاستوائي، الذي يتميز برطوبة جوية عالية جداً (بين 75 و 100% من الرطوبة) يستمر بفضل كثافة الغطاء النباتي وديمومته. هذا الترابط الوثيق بين المناخ والنباتات يجعل منه، بالرغم من المظاهر، وسطاً شديد الهشاشة.

يسيطر المناخ الاستوائي على جزء كبير من الأمازون ومن حوض الكونغو. نجده كذلك في غويانا وأندونيسيا وغينيا الجديدة وجزر وسط المحيط الهادي. يتميز هذا المناخ بدرجة الرطوبة المرتفعة جداً في الهواء: يكون قياس الرطوبة الجوية أعلى من 75% بشكل دائم لا بل يتعدى الـ 90% في بعض المناطق.

إضافة إلى ذلك، لا توجد فصول كما أن مدة النهار تكون عملياً ثابتة طوال العام، مما يصيب بالخيبة الزائرين القادمين من المناطق المعتدلة. يمكن تفسير رطوبة الجو بشكل رئيسي بالارتفاع الهام لمعدل

الفصول غير موجودة ومدة النهار ثابتة طوال العام.

المتساقطات. يتعدى هذا المعدل الـ 500 1 ملم في العام أينما كان ويمكن أن يبلغ 000 9 ملم في العام أو حتى 000 10 في المناطق الجبلية الواقعة تحت تأثير الرياح المحيطية، في كولومبيا، مثلاً. إضافة إلى ذلك، تكون هذه الأمطار الغزيرة جداً موزعة جيداً على مدار السنة بشكل عام: يسقط المطر غالباً كل يوم تقريباً، حتى ولو لوحظ في بعض المناطق وجود فترة تمهيدية لفصل أكثر جفافاً يتخلله شهر أو شهران أقل مطراً.

إن المعدل المرتفع لقياس هطول الأمطار في المناخات الاستوائية يترافق دائماً مع درجات حرارة مرتفعة، لأن أشعة الشمس تصل إلى الأرض بانحناء ضعيف. لهذا السبب تسجل معدلات سنوية لدرجات الحرارة تكون قريبة من 30 درجة مئوية. إن الفروقات الحرارية السنوية هي ضعيفة جداً: فارق درجتين بين الشهر

الأكثر حرارة والأكثر برودة في مانوس (أمازون) مثلاً. يحدّ ظهور الشمس تشكيلات الغيوم الكثيفة، الموجودة دائماً في المناخ الاستوائي. وإذا كانت هذه الغيوم تعكس الضوء، فإنها في الوقت نفسه تمنع الهواء من البرودة خلال الليل. ونتيجة لذلك تكون الفروقات الحرارية ضئيلة بين الليل والنهار (أقل من 10 درجات مئوية)، حتى ولو كانت أعلى من الفروقات السنوية. في هذه المناخات، تتشابه الأيام عادة. فهي تبدأ بصباح مشمس، يعقبه بسرعة طقس غائم يؤدي عادة إلى عاصفة قبل حلول المساء. تكون الرياح ضعيفة وبدون اتجاه محدد، إلا على المناطق الساحلية حيث يتعاقب نسيم البحر ونسيم البر. وأخيراً نظراً لكون الهواء الساخن خفيف الوزن، تتميز هذه المناطق بضغط جوي منخفض، يتأرجح بشكل منتظم مع تعاقب الليل والنهار.

إن الحد الفاصل بين المناخ الاستوائي ونظيره المداري هو موضع جدال (الفصول، التي تشكل الاختلاف، تظهر بشكل تدريجي)، وغالباً ما يتحدد المناخ الاستوائي بتشكيلته النباتية، المتميزة والشديدة الحيوية: الغابة الكثيفة الظلال أو الغابة الرطبة التي تحتفظ أوراقها بخضرة دائمة نظراً لعدم وجود فصل جاف. من حسنات هذا التحديد أنه لا يستند إلى خط الاستواء الجغرافي، الذي يمر أحياناً في مناطق ذات مناخ شديد الجفاف مثل الصومال.

يتميز المناخ الاستوائي باستقرار كبير جداً.

تعتبر الغابة الاستوائية بحق، بيئة ذات غنى بيولوجي مذهل: ففي حين أنها لا تغطي إلا 7 بالمئة من الكتلة القارية، فإنها تحتوي، حسب بعض التقديرات، على 50 بالمئة من الأنواع الموجودة في العالم. يمكن تفسير هذه الوفرة بثبات ظروف الحياة وبالثنائي حرارة / رطوبة الذي يسمح بشكل خاص للنباتات ببلوغ سرعة نمو وقياسات مدهشة. يتعدى ارتفاع قمة الأشجار الأكثر علواً 50 متراً. يؤثر هذا التشكيل النباتي على المناخ الذي أوجده، وهو يميل إلى تثبيته: فهذا التشكيل النباتي يحبس الهواء، ويمتص كمية كبيرة جداً من الحرارة ويبعث خصوصاً بخار الماء بواسطة التبخر والنتح مُرجِعاً إياه إلى الجو (تبخر الشجرة بسهولة كل يوم عدة أضعاف وزنها ماء). وهكذا تعمل الغابة الاستوائية جزئياً في دائرة مغلقة. إن الاستغلال المفرط للغابة الاستوائية، بالرغم من تباطؤ وتيرته بعض الشيء، يثير شيئاً من القلق خاصة لكونه يتم في اتجاه واحد. ففي الواقع، إن التربة التي تنمو فيها الغابة هي فقيرة للغاية، لأن نمو الغطاء النباتي قد امتص تماماً كل العناصر المغذية الموجودة فيها. إن سقوط أوراق الأشجار وجذوعها هو الذي يمد في الواقع العناصر الضرورية لنمو نباتات جديدة. وفي حال اجتثاث الغابات بشكل عنيف، تتعرض التربة الرقيقة للجرف بسبب الأمطار كونها لم تعد متماسكة في غياب النباتات، فتضيع ولا تبق إلا الصخور الأم، التي أصبحت جرداء بشكل نهائي. عندها يجفّ الجو الرطب سريعاً وينتهي بتجديب البيئة. ■

هل تعلم؟

تأوي المنطقة الاستوائية أكبر نهرين في العالم، يظهران وفرة المتساقطات التي تقترن بمناخها. النهر الأول هو الأمازون، يبلغ منسوبه 200 000 متراً مكعباً في الثانية ويمتاز بحوض مساحته 7 ملايين كلم مربع. يبلغ عرض دلتا هذا النهر 100 كلم! النهر الثاني الذي يصب كذلك في المحيط الأطلسي هو زئير: يبلغ منسوبه 75 000 متراً مكعباً في الثانية، وتبلغ مساحة حوضه 3,5 مليون كلم مربع. وعلى سبيل المقارنة، يبلغ منسوب نهر السين 500 متراً مكعباً في الثانية عند مصبه.



إن الغابة الكثيفة الظلال هي وليدة المناخ الاستوائي. بمقارنتها مع غابة معتدلة، بذات المساحة، تكون الغابة الكثيفة الظلال، أكثر كثافة وانتاجاً من الغابة المعتدلة من مرتين إلى ثلاث مرات، كمعدل وسطي وأغنى منها بالأنواع بعشر مرات.

توضيح

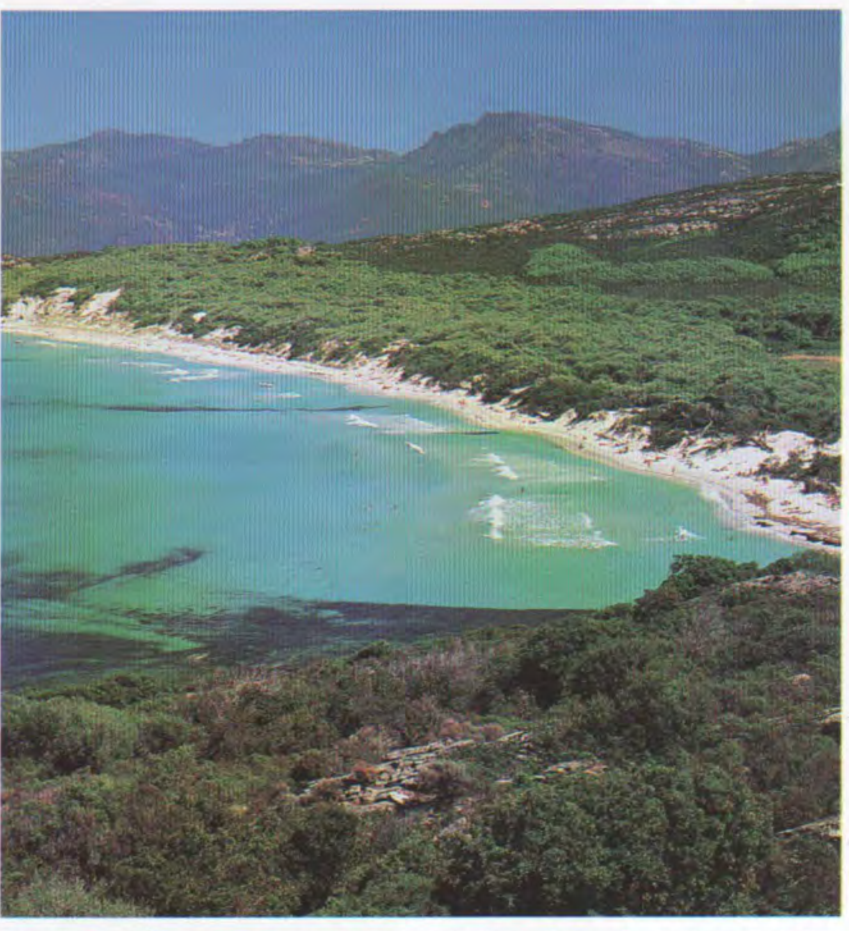
في الغابة الكثيفة الظلال، يكون التنافس بين النباتات لتلقي الضوء شديداً لدرجة يسود معها الظلام الحقيقي على أرضها. تنقسم هذه الغابة إلى أربع طبقات متتالية: الطبقة الجَنْبية التي تتميز برطوبة تقارب 100 بالمئة إضافة إلى شبه الظل. في الطبقة المتوسطة، تكون النباتات متباعدة وتنتشر أوراقاً ضخمة لالتقاط الضوء المتوفر. على ارتفاع 50 متراً من الأرض، تنتشر ظلّة الغابة وهي مساحة متصلة فعلياً ومؤلفة من قمم الأشجار. أما الطبقة العليا فهي تجمع أشجاراً معزولة قادرة على احتمال الرياح وأشعة الشمس. تنتمي هذه الأشجار عادة إلى أنواع ثمينة مثل الأكاجو.



المناخات المعتدلة

بين التأثيرات القطبية والمدارية

في هذه المناخات، تتغير معدلات سقوط الأمطار ودرجات الحرارة كثيراً مع الموقع بالنسبة لخطوط العرض والقرب من المحيط. إن الفصول التي يمكن تمييزها تفرض على الحيوانات والنباتات التكيّف مع تغييرات هامة في محيطها.



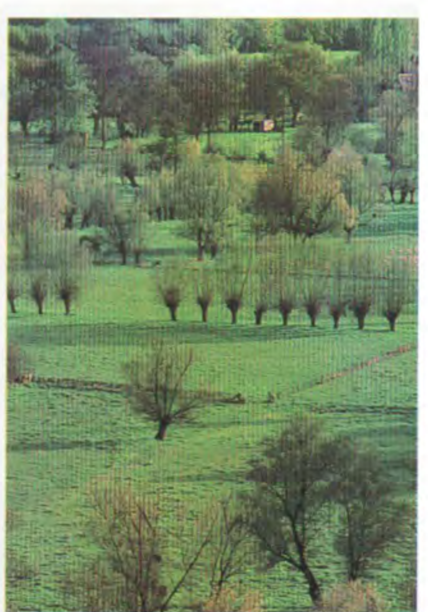
إن المناخ المتوسطي (في الصورة، كورسيكا) حار وجاف في الصيف، تخرقه بعض الأمطار غير المنتظمة والعنيفة أحياناً، وهو هادئ جداً في الشتاء. إن النباتات التي تضم جنبات ذات أوراق قاسية ودائمة الاخضرار، تتكيف مع الجفاف الصيفي والحرائق.

إن المناخات التي تعرف «بالمعتدلة» هي في الواقع غير متجانسة: يمكن تحديدها باستعمال صيغة النفي بشكل رئيسي، أو بتعبير آخر بكونها لا تنتمي إلى منطقة ما بين المدارين الحارة ولا إلى المنطقة القطبية المثلجة. إنها تسيطر على المساحات التي تختلط فيها تأثيرات هاتين المنطقتين وتتنافر مشكّلة تركيبات متنوعة. بالإمكان تمييز ثلاثة مناخات معتدلة رئيسية: المناخ المعتدل المحيطي، المناخ المعتدل القاري والمناخ المتوسطي.

يسيطر المناخ المعتدل المحيطي بشكل رئيسي على الواجهة الغربية لأميركا وأوروبا ونيوزيلاندا. يكون فيه تأثير المحيط سائداً: فالهواء رطب دائماً، هادئ في الشتاء وندي في الصيف، أما الرياح فمتكررة وغالباً ما تكون قوية كما أن المتساقطات غزيرة إلى حد ما، وموزعة بشكل جيد طوال العام. يمكن تمييز الفصول بشيء من الوضوح. في برست في فرنسا مثلاً، لا يوجد إلا فارق 10 درجات مئوية بين متوسط درجات الحرارة خلال الشهر الأكثر حرارة (آب / أغسطس: 16,1 درجة مئوية) ومتوسطها خلال الشهر الأكثر برودة (شباط / فبراير: 6,1 درجة مئوية). أما

من الغرب إلى الشرق، تصبح المناخات الأوروبية أشد قساوة.

متوسط المعدل السنوي لسقوط الأمطار فيبلغ 129 1 ملم. في المناطق حيث تحد الجبال العالية المحيط (النروج، غرب كندا، جنوب الشيلي وغرب باتاغونيا)، تكون المتساقطات غزيرة (من 000 2 إلى 000 6 ملم) وتكون درجات الحرارة باردة إلى حد ما، حتى خلال الشهر الحار. يمتاز المناخ المحلي البروتاني (من الدانمرك إلى المقاطعات الإسبانية) بأمطار وبرودة أقل من المناخ المذكور آنفاً بفضل ظهور جيد للشمس في الصيف. وبسبب غياب التضاريس البارزة، تسيطر الأمطار الخفيفة التي تتساقط لمدة طويلة: إنه الرذاذ البروتاني. وبالرغم من أن عدد الأيام الممطرة يتجاوز نصف أيام السنة (201 يوماً ممطراً في السنة في برست) فإن المعدلات الإجمالية السنوية تظل معتدلة. تكون فصول الشتاء هادئة: فالتجمد لا





في وادي السين (إلى اليمين)، الواقع تحت تأثير محيطي، يلطّف اجتياح الهواء البحري المعدلات الوسطية الشتوية (درجات الحرارة والمتساقطات). في الجورا (إلى اليسار)، يكون البرد الشتائي، أكثر شدة، لأنه يخضع للتأثير القاري.

يحدث في أغلب الأحيان في برست أكثر منه في كان (17 يوماً مقابل 18).
يمكن ملاحظة المناخ المعتدل القاري على نفس خطوط العرض الذي يسيطر فيها أيضاً نظيره المحيطي، كلما ابتعدنا عن التأثيرات البحرية. يحدث الانتقال بشكل مفاجئ جداً في القارة الأميركية عند عبور الجبال الصخرية؛ في حين أنه يحدث بشكل تدريجي في أوروبا، مما يخلق جدالاً حول الوضعية الحقيقية للحدود بين المناخين. لكن التطور هو نفسه: فالفروقات الحرارية ترتفع في حين ينخفض معدل قياس الأمطار. تكون أشهر الصيف فقط أكثر حرارة بقليل مما هي عليه على الواجهات المحيطية (18 درجة مئوية في موسكو). لكن في الشتاء يسيطر الجليد ويمكن أن تنخفض درجات الحرارة كثيراً إلى ما دون الصفر (10,8 درجة مئوية تحت الصفر كمعدل وسطي في هذه المدينة). فيما يتعلق بالمتساقطات، يمكن أن تحدث بشكل مفاجئ خاصة في الصيف لأن البرد الشتوي يسبب حدوث أعاصير معاكسة، وتكون المتساقطات أقل غزارة: 600 ملم في موسكو، وأقل من ذلك بكثير في سيبيريا. هناك ميزة أخرى للمناخ المعتدل القاري، فالفصول الانتقالية (الربيع والخريف) تتراجع حتى تختفي تقريباً، مما يؤدي في الحالات الأكثر شدة إلى مجرد تعاقب لفصول صيفٍ حارة وفصول شتاء قارسة جداً (في آسيا الوسطى مثلاً).
يتميز المناخ المتوسطي بشتاء وربيع هادئين يليهما صيف حار وجاف. يسود هذا المناخ في جنوب أوروبا، وفي جزء من كاليفورنيا والشيلي، وإلى الطرف الجنوبي من أستراليا وأفريقيا. إن مدة الفصل الجاف (من أربعة إلى ستة أشهر) تساهم في اندلاع الحرائق التي تلعب دوراً هاماً في التوازن البيولوجي لهذه المنطقة.

توضيح

الإسبات هو تكيّف مميز للمناخات المعتدلة. فهو يسمح للحيوان بتخفيض استهلاكه للطاقة إلى أقصى حد خلال الفترة التي يكون فيها الغذاء غير متوفر، بعد أن يكون قد أعد احتياطات تصل إلى 30 بالمئة، وحتى 50 بالمئة من وزنه. يكون الإسبات عميقاً بنسب متفاوتة: فالدب حيوان «خفيف الإسبات» يتخلل «سباته» فترات متكررة من الاستيقاظ. في المقابل، تنخفض درجة حرارة المرموط الداخلية إلى اقل من 5 درجات مئوية، وإيقاع القلب إلى نبضتين في الدقيقة، وعملية التنفس إلى حركة شهيق واحدة كل دقيقتين! تعتمد بعض الحشرات على الحياة البطيئة: فتقطع نشاطها ونموها بانتظار أيام أفضل.

هل تعلم؟

تنتشر أفكار خاطئة عديدة حول المناخ المتوسطي. في أغلب الأحيان، يفسر جفاف جوه بندرة المتساقطات. لكن الأمر ليس كذلك: فالأمطار تسقط على مدينة نيس (862 ملم) أكثر مما تسقط على باريس (585 ملم)! والسبب البسيط هو أن المتساقطات المتوسطية موزعة على عدد أيام أقل. إضافة إلى ذلك، يسود الاعتقاد بأن هطول الأمطار يستمر وقتاً قصيراً. يرتكز هذا الوهم على استقرار الطقس في هذه المناطق. لأن مطراً مدراراً قد يسقط فجأة ويدوم أحياناً عدة أيام، مما يشبع الأرض ويسبب سيلاناً كبيراً بدل إعادة تغذية حقول المياه الجوفية. نشير أخيراً إلى أن الجفاف الصيفي الذي يبدو بديهياً في فرنسا، هو استثناء على مستوى الكرة الأرضية: فأينما كان تقريباً، يعتبر الصيف هو الفصل الأكثر ابتلالاً بالمطر.

مع كل مناخ من هذه المناخات الثلاثة يتوافق نبات جنيس. بالإمكان مثلاً مطابقة المناخ المحيطي مع الغابات الوريقة (بلوط وزان بشكل خاص)، في حين أن المناطق التي يسود فيها المناخ القاري تنمو فيها بكثرة الصنوبريات (البيسية مثل السرو) والبتولية. أما المناخ المتوسطي فإنه يترافق مع غابات قزمية متقهقرة: براحات على تربة كلسية أو أدغال على تربة متبلّرة. أما العطم (جماعة الحيوان) الذي يميز المناخ المعتدل، وبالرغم من تنوعه الكبير، فإنه لا يتمتع بالغنى الذي يميز نظيره في المناطق الاستوائية أو المدارية. إن وجود فصول مميزة فيما بينها هو العنصر السائد الذي ينبغي على الكائنات الحية أن تتكيف معه. الهجرة - لدى الطيور - هي الحل المتبع في أغلب الأحيان: فعصفور أوروبي واحد من كل عصفورين هو مهاجر. أما الضفدعيات والزواحف، وهي الأقل حركة والعاجزة عن ضبط درجة حرارتها، فإنها تلجأ كلها عملياً إلى الإسبات. تموت الحشرات عامة في فصل الخريف وتعتمد على بيضها لتأمين استمرار نوعها. وفيما يتعلق بالثدييات، فبعضها يسبت في حين أن بعضها الآخر يظل نشيطاً خلال الشتاء. ■



المناخات القطبية

آفاق يسودها البرد والريح

بالرغم من أن المناطق القطبية المترامية تعدّ من أكثر المناطق وحشة في العالم، فإننا نجد فيها كائنات حيّة عديدة تمكنت من التكيّف مع خصائصها.



تضم نباتات المناطق ما دون القطبية الطحالب وحزاز الصخر وأعشاب صغيرة بشكل خاص. تتميز كل هذه النباتات بمعدلات نمو بطيئة جداً وبقيمة غذائية ضعيفة.

تحتل المناطق التي تسود فيها المناخات القطبية وما دون القطبية حوالى خمس مساحة الكرة الأرضية، ولها تأثير هام على المناخ الإجمالي، خاصة عبر التيارات الهوائية والبحرية. إن مناطق القطبين، بشكل خاص، هي مصدر أعاصير معاكسة مستمرة تغذي في الوقت عينه تدفقات الهواء في الغلاف الجوي المنخفض والرياح السكاكية (الموجودة في طبقة الستراتوسفير). إن الفاصل بين المناطق القطبية وما دون القطبية يحدده خط الحرارة المتساوية (+10°) خلال الشهر الأشد سخونة (شهر تموز - يوليو بصورة عامة)، مما يتطابق بدرجة كبيرة مع حد الامتداد نحو شمال المنطقة المكسوّة بالأشجار. تكون التربة في هذه المناطق مجلّدة باستمرار (وهي تعرف بالمجلدة الأرضية)، ولا يتجاوز عدد أيام الفصل غير المجلّد 60 يوماً.

البرد هو بالطبع الميزة الغالبة. يمكن تفسيره بالانحناء الشديد جداً لأشعة الشمس، التي تتصفى نتيجة لذلك عبر الجو، وكذلك بقدرة الأرض العاكسة (النوار أو البياض) التي تزيد بسبب الثلج والجليد. باستثناء بعض المناطق المحدودة (النروج وإيسلندا الشمالية، الطرف الجنوبي للقارة الأميركية) التي لا تجتاز درجة حرارتها عتبة الصفر المئوي إلا بصعوبة، فإن معدلات درجات الحرارة السنوية هي سلبية جداً، من 3 درجات مئوية تحت الصفر إلى 30 درجة مئوية تحت الصفر في القطب الشمالي وأحياناً حتى 50 درجة مئوية تحت الصفر في المناطق القطبية الجنوبية. غير أن بالإمكان تسجيل اختلافات إقليمية هامة. فالقرب من المحيط (ذو أثر ملطّف)، ووجود تيارات بحرية أقل برودة تمر في الجوار، وكذلك الارتفاع عن سطح البحر، (القارة القطبية الجنوبية يبلغ معدل ارتفاعها عن سطح البحر 300 2 متراً) يمكنها جميعاً التأثير بشدة على قساوة الظروف المناخية. إضافة إلى ذلك يزيد الوجود الدائم للرياح العنيفة من تأثير درجات الحرارة المنخفضة: تسمح التضاريس الملساء كثيراً وغياب النباتات لسرعة الرياح ببلوغ معدلات كبيرة. إن المناطق القطبية الجنوبية بشكل خاص محاطة برياح بالغة العنف على مستوى خط العرض 60 درجة. كذلك يمكن قياس سرعة رياح مذهلة حول المجلّدات القارية التي ينزلها الهواء البارد بسرعة تتجاوز 200 كلم في الساعة. من المفارقات أن المناطق القطبية هي شديدة الجفاف لأن

تتميز المناطق القطبية بالبرد والجفاف.

أرقام

- إن أرقام البرد القياسية التي سجلت في المناطق القطبية الشمالية هي 70درجة مئوية تحت الصفر في فركويانسك في سيبيريا الشرقية.
- إن المنطقة الأشد برداً على الأرض تقع في القطب الجنوبي، قرب قاعدة فوستوك الروسية حيث سجل رقم قياسي تاريخي للبرد بلغ 92 درجة مئوية تحت الصفر.
- في القطب الجنوبي، سجلت أعلى سرعة للرياح: 320 كلم في الساعة.
- في مركز القارة القطبية الجنوبية، لا تتعدى المتساقطات أبداً 50 إلى 100ملم في السنة: إنه جفاف يمكن مقارنته بجفاف صحراء غوبي.
- إن القارة القطبية الجنوبية مغطاة بأرض جليدية تزيد سماكتها على 2 كلم (وتصل في بعض المناطق إلى 4 كلم).

الهواء الجليدي لا يمكن أن يحتوي إلا على كميات قليلة من بخار الماء. وبصورة عامة، يظل متوسط المعدلات السنوية للمتساقطات أقل من 300 ملم من الماء (على سبيل المقارنة، يبلغ معدل المتساقطات في أثينا أقل بقليل من 400 ملم في السنة)، وهذا الماء يسقط حصرياً تقريباً بشكل ثلج. تعرف بعض المناطق الواقعة تحت تأثير رياح ثابتة هادئة ورطبة بعض المتساقطات المتميزة مثل النروج الشمالية أو جنوب غرينلاند (حوالى 200 1 ملم في السنة).

يمكن تمييز الفصول في هذه المناخات، لأنها تقترن بفروقات هامة في الاضاءة. خلال الليل القطبي الطويل يكون التبريد بفعل الإشعاع شديداً ، في حين أن الإضاءة المستمرة ـ ولو كانت مائلة جداً ـ خلال الصيف، تسخن الجو. تكون الاختلافات الحرارية الفصلية، كما بالنسبة للمناخات الأخرى، أكبر على الكتل القارية منها على السواحل أو فوق البحر. ففي سيبيريا مثلاً (في ساغاستير) ينتقل متوسط درجة الحرارة من 38 درجة مئوية تحت الصفر خلال الشهر الأشد برودة إلى 4,9 درجات مئوية خلال الشهر الأشد حرارة، مقابل 7,3 درجات مئوية تحت الصفر و7,8درجات مئوية على التوالي على الشاطئ الجنوبي لغرينلاند.

إن اجتماع البرد والجفاف والرياح قد يبدو غير ملائم تماماً مع الحياة، ولكن الأمر ليس كذلك أبداً. فهناك نباتات وحيوانات مزودة بأجهزة تسمح لها بالبقاء على قيد الحياة في هذه المناخات. في المناطق القطبية الشمالية، هناك الكثير من النجيليات والأشجار القزمة، خاصة الصفصاف والسندر قد كيّفت دورتها الإنباتية مع الفصل القصير الذي يذوب فيه الجليد حيث تزهر ثم تعطي ثماراً بسرعة. وهي تمضي بقية العام بشكل بذرة أو في شكل حياة بطيئة. أما في المناطق الأشد قساوة، فإن الكائنات الموجودة بكثرة هي خاصة حزاز الصخر القادرة على التجذر على دعامات غنية جداً بالمعادن، مع احتمال أن تشهد نمواً بالغ البطء، وهي تتمكن من أن تجتفّ بشكل كامل تقريباً، مما يزودها بمقاومة مرتفعة للجليد. وهكذا تتمكن بعض أنواع حزاز الصخر من الحياة في درجات حرارة تبلغ 20 درجة مئوية تحت الصفر. تتوافر الأسماك واللافقريات في المياه الباردة، الغنية بالأوكسجين وبالمواد المغذية في المناطق القطبية: تتغذى منها بعض الثدييات (الحوتيات، الفقمة) والطيور خلال العام بأكمله أو خلال جزء منه. ■

هل تعلم؟

إن المساحة الدائمة للأرض الجليدية الشمالية قد تراجعت بنسبة 14 بالمئة (000 610 ـ كلم^2) بين عامي 1978 و1998، كما أن متوسط سماكتها قد نقص في نفس الوقت من 3 أمتار إلى 1,50 متراً. يبدو أن كتلة الجليد هذه مهددة بسخونة المناخ، وكذلك بحركة كاسحات الجليد التي تسمح بتسرب كتل مائية أكثر سخونة إلى مخورها.

روالد أموندسن (1872 ـ 1928)

كان المستكشف النروجي الكبير روالد أموندسن هو أول من عبر ممر الشمال ـ الغرب (خط بحري يربط المحيط الأطلسي بالمحيط الهادي من جهة شمال كندا والألسكا) عام 1906. وفي الرابع عشر من كانون الأول / ديسمبر 1911 وصل إلى القطب الجنوبي قبل شهر من نظيره البريطاني السيئ الحظ روبرت ف. سكوت (1868 ـ 1912) الذي توفي مع كامل فريقه خلال رحلة العودة. وفي 11 أيار / مايو 1926، تمكن من التحليق فوق القطب الشمالي بواسطة منطاد مسيّر، لكن سبقه هذه المرة الأميركي ريتشارد إ. بيرد الذي نجح في تحقيق هذه المأثرة بواسطة الطائرة قبل يومين من هذا التاريخ.



عنف الرياح هو أحد الخصائص الرئيسية للمناطق القطبية. في الواقع، لا توجد في هذه المناطق نباتات أو تضاريس من شأنها كبح سرعتها. تزيد الرياح بشدة أثر البرد.

تفسير مفردات

- **الأرض الجليدية** هي أرض تكون مجلّدة بصورة دائمة.
- **المجلدة القارية** هي ركام ثلج مُجَلَّد قاري في المناطق القطبية في حين أن **الجليد الساحلي** هو أكداس جليد عائمة تشكل كتلة ضخمة.
- **القارة القطبية الشمالية** تضم المناطق القطبية الشمالية المكونة بشكل أساسي من جليد ساحلي. يقع القطب الشمالي فوق المحيط.
- **القارة القطبية الجنوبية** تعني المناطق القطبية الجنوبية، الواقعة حول كتلة قارية يطلق عليها أحياناً اسم أنتاركتيد.



الحــوادث المناخيـة

عندما تثور الطبيعة

إن الأعاصير، الزوابع، الفيضانات أو موجات الجفاف، المتأتية جميعها من اختلالات جوّية معقّدة، تسبّب أضراراً جسيمة، وخاصة في البلدان النامية.



تؤدي الفيضانات الناتجة عن السيول في المدن إلى زحول الأرض وإلى تدفقات وحلية، كما يبدو في هذه الصورة المأخوذة في كاراكاس وقد تعرضت المدينة لأضرار بالغة من جراء الانهمار المفرط وغير المتوقع للأمطار.

سواء أكانت الكوارث المناخية محدودة المدة أو طويلة الأمد، فإنها تمثل ظواهر ذات طابع غير منتظم أو طارئ. لا يجب المزج بينها وبين الحدود المناخية القصوى التي تعتبر ظواهر اعتيادية: فدرجات حرارة شتوية تصل إلى 60 درجة مئوية تحت الصفر هي مألوفة في سيبيريا الشرقية، في حين أن المعدل السنوي لسقوط الأمطار في منطقة شيرابونجي في البنغال يتجاوز عادة 10 أمتار. في كل أنواع المناخ يمكن أن تحدث اختلالات بالمصادفة مسببة أضرراً حقيقية. تنتج هذه الحوادث المناخية عن خروج عن القياس تشهده المتساقطات أو الرياح أو درجات الحرارة أو ظهور تيار بحري ساخن اسمه النينيو. أكثر من 80 إعصاراً مدارياً و 500 1 زوبعة وحوالى مئة فيضان كارثي تهدد السكان كل سنة في العالم.

إن العواصف أو الزوابع أو الأعاصير تنتج عن «تنكّس» يصيب المناطق ذات الضغط المنخفض: يؤدي التقاء كتلتي هواء ذات درجة حرارة مختلفة إلى ارتفاع الهواء الساخن المشبع ببخار الماء، وما يلبث أن يتكثّف على ارتفاع عالٍ ويؤدي إلى تشكيل الغيوم والمتساقطات. على خطوط العرض المعتدلة أو المدارية، تحدث المنخفضات الجوية فوق المحيط الأطلسي نتيجة للمواجهة الأفقية بين كتل الهواء المدارية الساخنة والقطبية الباردة. في الشتاء يرتفع التباين الحراري. إنه يساعد على نمو العواصف المقترنة برياح غربية تزيد سرعتها على 150 كلم في الساعة وبأمطار شديدة تسبب فيضانات وانزلاق

تسبب اختلالات الرياح والأمطار الحوادث المناخية الأشد جسامة.

الأرض. عند خطوط العرض الاستوائية، تنتج الأعاصير المدارية عن تبخر شديد جداً فوق المحيطات المدارية. يرتفع الهواء المشبع بالرطوبة بسرعة نحو الجو، مما يخلق منخفضاً جوياً مدارياً على السطح وغيوماً كثيرة تتجه عامودياً، تكون مشبعة ببخار الماء وتعرف بالمزن الركامي. إن الأعاصير الأكثر شدة (يبلغ قطرها عدة مئات من الكيلومترات) والمترافقة برياح تعصف بسرعة 200 كلم في الساعة، تؤدي إلى حدوث أمواج عالية مفاجئة على الشواطئ وإلى سقوط أمطار غزيرة فوق القارات. هذه الأمطار الشديدة جداً هي وراء حدوث الكوارث الطبيعية القاتلة بشكل خاص، أي الفيضانات التي تنطلق إما بسبب فيض المجاري المائية وإما بسبب السيول في قطاع المدن. تصيب

أرقـام

- سبب الإعصاران اللذان ضربا بنغلادش وباكستان الشرقية عامي 1970 و 1991 أكثر من 450 000 قتيل.
- ارتفعت الخسائر الاقتصادية العالمية الناتجة عن الأعاصير من 3 مليارات دولار سنوياً خلال الستينات إلى 35 مليار دولار سنوياً في بداية التسعينات.
- أكثر من 100 عاصفة ضربت أوروبا منذ عام 1950.
- خلّفت الفيضانات التي اجتاحت شمال الصين خلال صيف 1959 حوالى مليوني قتيل. ليست المناطق المعتدلة في أوروبا بمنأى عن ذلك لكن الخسائر البشرية نادراً ما تكون بهذه الجسامة (457 قتيلاً في ليشبونة عام 1967).
- إن الانهيار الثلجي الذي أدى إلى أقصى الخسائر البشرية حدث في البيرو عام 1941: بلغ عدد ضحاياه 5 000 ضحية.

الفيضانات مناطق عديدة من الكرة الأرضية. إلا أن آسيا تظل القارة الأشد إصابة بالفيضانات السنوية الناتجة عن الرياح الموسمية، وهذه الأخيرة هي نظام مناخي فصلي مرتبط بعبور الصابيّات لخط الاستواء. كذلك يظهر سقوط الثلج والبرد خطراً جداً، لأنه وراء حدوث الجروف الثلجية أو إتلاف المحاصيل وتدمير المساكن. أما الزوابع، فهي ظواهر أكثر انتظاماً (يتراوح قطرها بين 100 و1 000 متر) تظهر فوق القارات وتتميز بدوامات هوائية عنيفة للغاية (تصل إلى سرعة 400 كلم في الساعة) تتحرك على مسافة قصيرة (بضعة كيلومترات). إن المنخفض الجوي الذي يسبب الزوابع يتكون نتيجة لمواجهة عامودية بين كتلة هواء ساخنة ذات ارتفاع منخفض وكتلة هواء بارد من الطبقات الجوية العالية.

خارج المناطق الصحراوية حيث يكون الجفاف دائماً، يمكن لهذا الأخير أن يتخذ طابعاً استثنائياً وأن يكون وراء مجاعات رهيبة (100 000 قتيل في الساحل خلال العامين 1973 و1974) أو وراء حرائق مدمرة، كما حدث في غرب الولايات المتحدة عامي 1998 و2000. خلال الفترات التي تشهد اختلالات للحركة المحيطية والجوية على المحيط الهادي بسبب ظاهرة النينيو، تخضع البلاد الواقعة إلى غرب هذا المحيط كذلك لفترات جفاف غير اعتيادية تندلع فيها حرائق ضخمة (8 ملايين هكتار من الغابة الأندونيسية دمرت عامي 1997 و1998). وعلى خطوط العرض المتوسطة، يمكن لوجود إعصار معاكس راكد فوق بلد ما أن يسبب جفافاً غير متوقع يؤدي إلى اختلال الاقتصاد الزراعي (فرنسا، عام 1976).

هل تعلم؟

7 500 بلدة في فرنسا من أصل 36 000 مهددة بالفيضانات، منها 2 000 بلدة أكثر تعرضاً، يبلغ عدد سكانها المليونين. يبلغ المتوسط السنوي لكلفة الأضرار الناتجة عن الفيضانات في فرنسا 230 مليون يورو (1,5 مليار فرنك فرنسي). حدث الفيضان الأكثر ضرراً في القرن العشرين عام 1930 حيث ارتفع مستوى مياه التارن 17 متراً خلال 24 ساعة.

يتساءل العلماء اليوم عن النتائج المناخية المترتبة على سخونة الأرض وخاصة عن وجود رابط محتمل بين زيادة انبعاث الغازات الدفيئة وزيادة دورية النينيو وأثره الحاسم. وفقاً لعدة نماذج مناخية، يتوقع ذوبان الجليد القطبي، وارتفاع مياه المحيطات وزيادة تواتر الحوادث المناخية. ■

توضيح

سبّب الإعصاران لوثار ومارتان اللذان ضربا فرنسا وألمانيا وسويسرا بشدة بين 26 و 28 كانون الأول - ديسمبر 1999، 70 ضحية في فرنسا وأديّا إلى قطع 300 مليون شجرة (أي ما يعادل 140 مليون متر مكعب من الخشب، تشكل 7 بالمئة من حجم الخشب في غابات فرنسا!).

قدرت الأضرار بحوالى 3 مليارات يورو. وإذا كانت سرعة الرياح قد سجّلت ذروة تصل إلى 198 كلم في الساعة في جزيرة أوليرون، فإن الطابع غير الاعتيادي لهذه العواصف يعود خاصة إلى تكرارها كل 24 ساعة وإلى كون الرياح لم تضعف فوق البر (169 كلم في الساعة في باريس، 165 كلم في الساعة في كولمار يوم 26 كانون الأول - ديسمبر). لكن فرنسا تعرضت قبل ذلك إلى عدة عواصف شديدة العنف لكنها بالتأكيد أكثر انحصاراً وأقل تدميراً، خلال شهر كانون الأول - ديسمبر عام 1976، وتشرين أول - أكتوبر 1987 (بلغت سرعة الرياح 176 كلم في الساعة في منطقة بروتاني)، وفي 3 و11 و26 شباط - فبراير 1990، وكذلك في شهر شباط - فبراير 1996 وكانون الأول - ديسمبر 1998.



يظهر النينيو بشكل متكرر في فلوريدا بصورة عواصف قادرة على نزع سقوف الأبنية. وفي كندا، أدت عواصف الجليد خلال شهر كانون الثاني - يناير 1998 إلى قطع التيار الكهربائي عن مليون منزل خلال أربعة أيام، وإلى إحداث أضرار مادية قدرت بحوالى مليار دولار.



الأعاصير

تظهر في المنطقة الواقعة ما بين المدارين

إن الأعاصير التي تعرف كذلك بالتيفون أو بالعواصف الهوجاء أو بالويلي ويليز، مشهورة بشكل خاص لكونها قاتلة. يجب الإشارة إلى أن الرياح التي ترافقها تصل سرعتها إلى 300 كلم في الساعة.

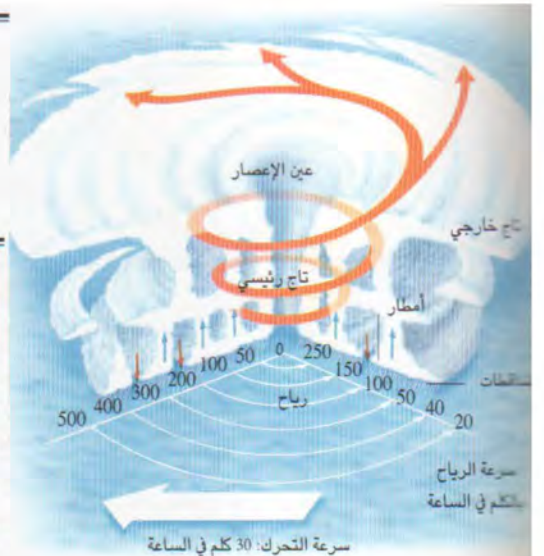


إن إعصار فلويد، الذي قُدرت سرعة رياحه بأكثر من 250 كلم في الساعة سبب خوفاً أكثر مما أحدث أضراراً. كان من المفترض أن يعبر فوق مركز كاب كانا فيرال الفضائي، أثناء توجهه نحو شواطئ فلوريدا، لكنه في النهاية مر فوق عرض البحر.

الإعصار هو منخفض جوي شديد القوة يترافق مع رياح عنيفة جداً (تتراوح سرعتها بين 150 و300 كلم في الساعة) وأمطار غزيرة. إنه إحدى الظواهر المتعلقة بالتغيرات الجوية الأكثر تدميراً والأكثر قتلاً. يتطلب تكوينه ظروفاً خاصة. يجب أولاً وجود كتلة هواء غير مستقرة، هواء ساخن مثلاً على سطح الأرض، يصطدم أثناء ارتفاعه بكتلة هواء بارد. من الضروري كذلك حدوث تبخر شديد. يجتمع هذان الشرطان فوق المحيطات التي تتجاوز درجة حرارتها السطحية 26 درجة مئوية على حوالى 60 متراً من السماكة. يرتفع عندئذ الهواء الساخن والرطب بشكل زوبعة ضخمة. تحت تأثير قوة كوريوليس الناتجة عن دوران الأرض، يدور الهواء باتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي، وبالاتجاه المعاكس في النصف الشمالي. عند مركز الإعصار، في «العين»، لا يوجد إلا القليل من الغيوم المنخفضة. لكن كل شيء يحدث حول المركز، عند «الحائط». ففي هذه المنطقة تتكون مجموعات ضخمة من السحب تعرف بالركام المزني على ارتفاع يتراوح بين 10 و15 كلم، مع رياح متزايدة السرعة. لا يتعدى قطر الإعصار، عند تشكيله، في الواقع مئة كيلومتر. عند هذه المرحلة، التي يمكن أن تصل مدتها إلى 12 ساعة أو إلى عدة أيام، يصل الضغط في المركز إلى حوالى 1 000 هكتو باسكال، وتكون الرياح معتدلة. لا يلبث الضغط أن ينخفض بعد ذلك بعنف وتتسرّع الرياح: قد تصل سرعتها إلى حوالى 300 كلم في الساعة

يتم إحصاء حوالى مئة إعصار كل عام.

ضمن شعاع يتراوح طوله بين 30 و50 كلم وتكون مصحوبة بمتساقطات شديدة. بعد ذلك يبلغ الإعصار أشده: يتعدى شعاعه عامة 300 كلم وتستمر الرياح العنيفة على جهته اليمنى. وأخيراً، عندما يصطدم بالأرض أو عندما يصل إلى فوق المياه الباردة، ينتهي الإعصار بالاخفاق.
بمعدل وسطي، يبلغ العمر الافتراضي للإعصار ستة أيام. لكن يمكن لبعض الأعاصير أن لا تستمر إلا بضع ساعات أو أن تمتد لثلاثة أسابيع. لا يمكن ملاحظتها إلا في بعض المناطق من الكرة الأرضية.
في الحزام الاستوائي، تكون قوة كوريوليس ضعيفة بحيث لا تتمكن من تدوير كتلة السحب.
إذا ابتعدنا إلى ما وراء خطوط العرض 30 أو 35 درجة، تصبح قوة كوريوليس كبيرة، لكن المياه لا تكون ساخنة بما فيه الكفاية. تتشكل الأعاصير إذن في منطقة ما دون المدارين، بين خطوط العرض 5



تتشكل الأعاصير من منخفضات جوية قوية جداً، وهي تدور حول نفسها: عند المركز، في عين الاعصار، يكون كل شيء هادئاً ولكن عند محيطه، فإن الرياح والأمطار تثور.

و30 درجة شمال - غرب تقريباً، وبشكل رئيسي في جنوب شرق آسيا، في الكاريبي، وفي أوقيانيا. تتكون الأعاصير بين شهري أيار - مايو وتشرين الثاني - نوفمبر في نصف الكرة الأرضية الشمالي، وبين شهري آب - أغسطس وأيلول - سبتمبر في نصف الكرة الجنوبي. في شمال المحيط الأطلسي كما في شمال المحيط الهادي، تتجه الأعاصير أولاً نحو الشمال الغربي، قبل أن تنعطف نحو الشمال الشرقي في خطوط العرض العليا، لأن مسارها يتراصف مع الرياح الدائمة: الصابيات في منطقة ما



بلغت سرعة إعصار ميتشي حوالى 288 كلم في الساعة. وقد سبب فيضانات مدمرة خاصة في هندوراس ونيكاراغوا.

إعصار واحد من أربعة أعاصير يضرب جنوب شرق آسيا.

دون المدارين، ثم الدفق الغربي الكبير. إن الأعاصير هي مدمرة بشكل خاص، وهي تجمع ثلاثة أنواع من الآثار. فهي تولد أولاً رياحاً بالغة العنف: فرياح إعصار جيلبر، عام 1988، بلغت سرعتها 325 كلم في الساعة، وسبّبت حوادث مميتة وأدت إلى أضرار مادية جسيمة في المزروعات والمساكن والبنى التحتية. وهي تترافق كذلك بأمطار جرافيّة: فعند مرور إعصار هياسنت عام 1980، بلغ معدل سقوط الأمطار على جزيرة لاريبونيون، 6 أمتار خلال سبعة أيام فقط. إضافة إلى الفيضانات، تسبب هذه الأمطار ارتفاعاً في منسوب الأنهار وانهيارات وزحول الأراضي... وأخيراً تسبب الرياح تكوين موجة عاصفة ضخمة، تشبه أمواجاً عالية مفاجئة وتسبب أضراراً جسيمة على الشواطئ المنخفضة.

بفضل الصور التي تلتقطها الأقمار الاصطناعية، بالإمكان متابعة مسار الإعصار يوماً بيوم. بالإمكان كذلك توقعه باتباع عملية محاكاة. بهذه الطريقة تمكّن علماء الأرصاد الجوية عام 1993 من توقع تحول مسار إعصار إميلي قبل وصوله



تتشكل الزوبعة عندما يلتقي الهواء الساخن والرطب الموجود في طبقات الجو المنخفضة مع الهواء البارد في الطبقات العليا.

إلى شواطئ كارولاينا الشمالية وتوجهه نحو مناطق تقع على خطوط عرض أكثر ارتفاعاً ليتفكك في البحر. وبهذه الطريقة أيضاً، قبل هذا التاريخ بأربعة أعوام، أعلن عن مرور إعصار هوغو عبر غوادولوب قبل ستة أيام من وصوله. يقدر هامش الخطأ بـ 400 كلم، قبل 48 ساعة من مرور عين الإعصار. وهذا ما يعطي الوقت لاتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة. يجب أيضاً أن يمتلك البلد المعني الوسائل اللازمة: وهذا لا ينطبق للأسف على بنغلادش حيث يحصى الضحايا في كل مرة بعشرات الآلاف لا بل بمئات الآلاف. ■

هل تعلم؟

إن الأعاصير تحمل أسماء تعريف، فهي تحمل اسم تيفون في غرب المحيط الأطلسي، والزوابع في الكاريبي وويلي ويليز في أستراليا. حتى عام 1978، كانت هذه الأسماء مؤنثة. ولكن على أثر مطالبات الحركات النسائية، تقرر تسمية الأعاصير بالمداورة بأسماء مؤنثة ثم مذكرة مع اتباع التسلسل الأبجدي كل سنة.

أرقام

- كل سنة يتم إحصاء حوالى مئة إعصار في العالم: خمس هذا العدد يضرب جنوب شرق آسيا، وسبعه يضرب الكاريبي، وعشره يضرب مياه جنوب غرب المحيط الهادي وأستراليا.

توضيح

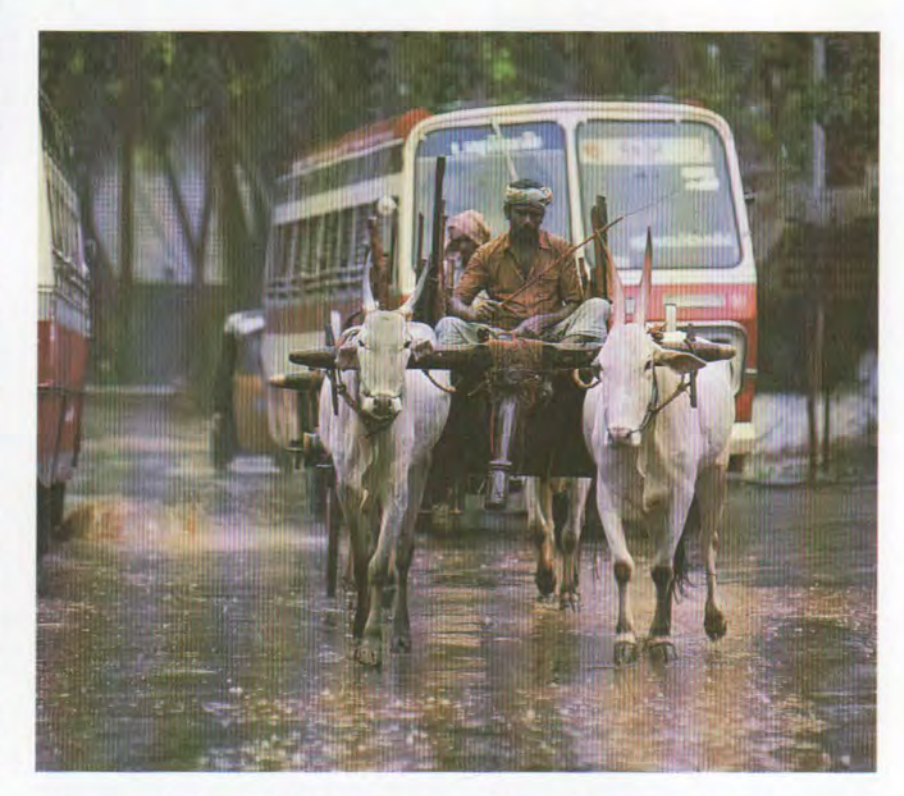
بسبب دلتا بنغلادش الضخمة، يتعرض هذا البلد بشكل خاص لأخطار الفيضانات والأمواج العالية المفاجئة الناتجة عن الأعاصير التي تضربه كل عام. لا يملك هذا البلد المكتظ بالسكان الوسائل اللازمة للقيام بعمليات إخلاء جماعية للسكان. لذلك تكون النتيجة ارتفاعاً كبيراً في عدد الضحايا: 000 55 ضحية عام 1965، بين 000 300 ومليون ضحية عام 1970 و000 40 ضحية عام 1985 وحوالى مليون ضحية عام 1991.



الرياح الموسمية

عندما ينعكس اتجاه الرياح

يتميز المناخ الموسمي، وهو أحد بدائل المناخ المداري، بالتعاقب الواضح بين فصول جافة وأخرى رطبة، سببه انعكاس اتجاه الرياح الذي يحدث مرة واحدة في السنة في المناطق الواقعة ما بين المدارين.



خلال فصل الصيف، يخلق تسخين القارات منطقة ضغط منخفض يقع مركزها إلى شمال غرب الهند. تنهمر عندئذ أمطار غزيرة على هذه البلاد لمدة ستة أشهر: إنها الرياح الموسمية الصيفية.

في بعض مناطق الكرة الأرضية، تهب الرياح خلال مدة ستة أشهر تقريباً من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، وتهب خلال المدة المتبقية من العام في الاتجاه المعاكس. هذا ما يعرف بالرياح الموسمية. يمكن ملاحظة هذه الظاهرة في أفريقيا الغربية وفي جنوب شرق آسيا، لكنها موجودة كذلك في المناطق الواقعة عند العروض الأكثر ارتفاعاً مثل شمال شرق الهند وأستراليا.

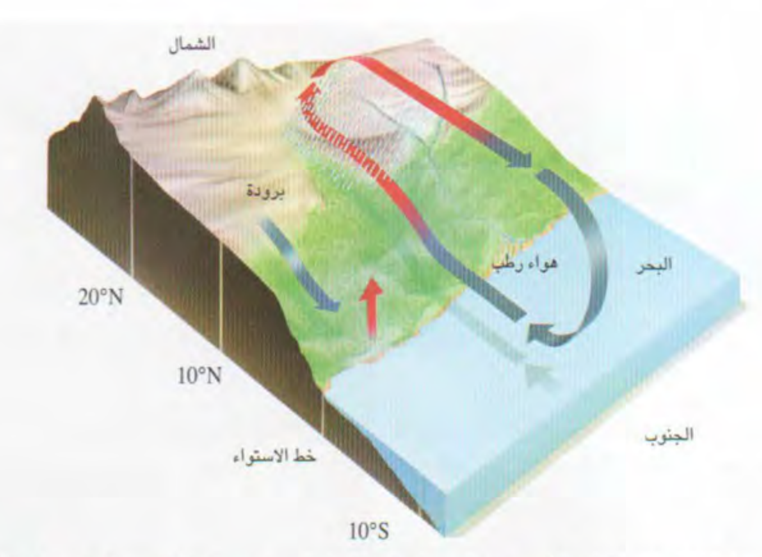
الرياح الموسمية هي نتيجة فارق فصلي لدرجات الحرارة بين سطح المحيط واليابسة. خلال فصل الشتاء، تبرد

يمكن تفسير الرياح الموسمية بفارق درجات الحرارة بين القارة والمحيط.

اليابسة بسرعة أكبر من سطح المحيط. يؤدي ذلك إلى برودة الهواء المحيط باليابسة وبالتالي إلى زيادة وزنه (لأن الهواء البارد أشد كثافة من الهواء الحار) مما يخلق إعصاراً معاكساً. وفي نفس الوقت، يحدث منخفض جوي حار فوق المحيط. وحيث أن الهواء يجري دائماً من مناطق الضغط المرتفع باتجاه مناطق الضغط المنخفض، فإن الرياح تنفث هواءً بارداً وجافاً من اليابسة باتجاه البحر: إنها الرياح الموسمية الشتوية التي تميز الفصل الجاف. خلال فصل الصيف، تنعكس الظاهرة: تهب الرياح الفصلية هذه المرة من المحيط حيث تثقل بغيوم من بخار الماء، باتجاه اليابسة وتصب عليها بخار الماء بشكل متساقطات غزيرة: إنها الرياح الموسمية الصيفية، التي تميز الفصل الرطب.

يمتد الفصل الجاف من شهر كانون أول - ديسمبر إلى آذار - مارس في نصف الكرة الأرضية الشمالي ومن حزيران - يونيو إلى تشرين الثاني - نوفمبر في النصف الجنوبي. خلال الشتاء الشمالي، تعرف مناطق سيبيريا وآسيا الوسطى برودة أكبر بكثير من برودة المحيطات المجاورة. ينتشر إعصار معاكس كبير على مجمل آسيا تقريباً وعلى جزء من أوروبا الشرقية. تهب رياح باردة وجافة من منغوليا نحو البحار التي تحد جنوب شرق الصين، ونحو سيبيريا الشرقية، إلى الشرق.

تتعرض البلاد المسطحة نسبياً، مثل برمانيا، تايلاند وماليزيا إلى انخفاض كبير في درجات الحرارة. وبفضل مرتفعات هملايا الجبلية، وأفغانستان وإيران، يكون المحيط الهندي محميّاً. تكون إذن الرياح الموسمية الشتوية التي تهب على الهند باردة وجافة لكنها معتدلة نسبياً. تكون أشهر الشتاء هادئة كثيراً وأشهر الربيع حارة (حتى درجة حرارة 40 في الظل خلال النهار و30 درجة خلال الليل). خلال الصيف الشمالي، يخلق



خلال فصل الشتاء، تبرد اليابسة أسرع من المحيط. خلال فصل الصيف يحدث العكس. يطلق المحيط عندئذ حرارته بواسطة التبخر حيث تنتشر على اليابسة بشكل متساقطات.

تسخين القارات منطقة ضغط منخفض يكون مركزها في المملكة العربية السعودية وشمال غرب الهند، وتغطي كل آسيا وتمتد نحو الغرب على شمال شرق أفريقيا، ونحو الشرق على عرض البحر أمام الفيليبين. في هذه الحالة تهب رياح مثقلة ببخار الماء من البحر باتجاه اليابسة، وهي تروي، في طريقها، البحر العربي وخليج البنغال وكل المنطقة الواقعة إلى جنوب همالايا: إنه فصل الأمطار. تنخفض درجات الحرارة في هذه المناطق وتكون المتساقطات فيها متكررة وأحياناً غزيرة جداً وغير منتظمة تماماً: قد تهطل الأمطار قليلاً كل يوم أو تكون مدرارة مرة واحدة في الشهر. الخريف هو فصل انتقالي: يتوقف المطر عن الهطول قليلاً قليلاً في حين أن درجات الحرارة ترتفع.

في أفريقيا الغربية، للرياح الموسمية أصل آخر. تقع هذه المنطقة في مجال الالتقاء ما بين المدارين، حيث تلتقي الرياح القادمة من نصفي الكرة الأرضية على خط الاستواء. إن اجتماع هذين الدفقين من الهواء إضافة إلى الحرارة الاستوائية تساهم في تشكيل تيارات تصاعدية قوية. وبارتفاعه، يولد الهواء الرطب والحار جداً غيوماً عاصفة. تكون الرياح الموسمية الأفريقية نتيجة للتحرك الفصلي لكتل الهواء هذه نحو الشمال أو نحو الجنوب.

تتغير مدة كل فصل من منطقة إلى أخرى. بالقرب من خط الاستواء، لا يوجد تقريباً فصل شتاء، وتكون فترات القيظ قصيرة نسبياً، أما فصل الأمطار فلا ينتهي. عندما نبتعد عن خط الاستواء، يصبح الفصل الجاف والحار جداً أطول كما أن الأمطار تدوم فترة أقل. وفيما يبدأ فصل الأمطار في شهر نيسان - أبريل في أفريقيا الشرقية، فإنه يبدأ في شهر أيار - مايو في البحر العربي، وفي شهر حزيران - يونيو في بومباي وفي شهري تموز وآب - يوليو وأغسطس - في الهند بأكملها.

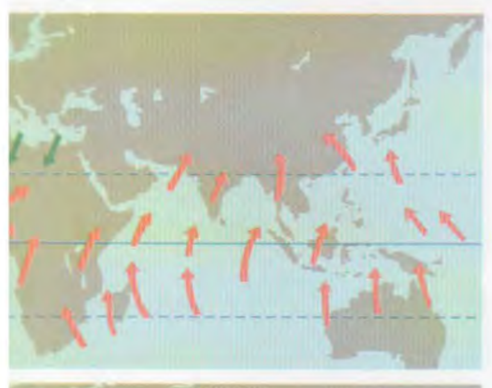
توضيح

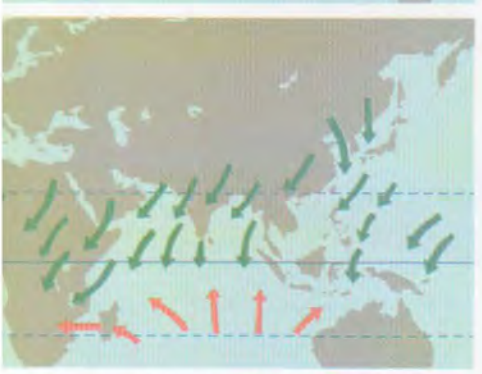
خلال فصل الصيف من كل عام، تسجل الهند معدلاً وسطياً لسقوط الأمطار يتراوح بين 400 و500 ملم. يمكن تجاوز هذا المعدل الوسطي محلياً إلى حد كبير. ففي شهر تموز - يوليو يهطل عادة على مدينة شيرابوندجي، الواقعة على مسافة 400 كلم إلى شمال شرق كلكوتا على السفح الجنوبي لجبال خاسي، 700 2 ملم. لكن في شهر تموز - يوليو من العام 1861 بلغ معدل سقوط الأمطار فيها أكثر من 200 9 ملم، مما رفع إلى 400 26 ملم كمية المتساقطات التي هطلت عليها منذ شهر آب - أغسطس من العام السابق! يمكن مقارنة ذلك مع رقم قياسي آخر، سجل هذه المرة في سيلاوس على جزر ريبونيون: سقط على هذه المدينة 870 1 ملم من 15 إلى 16 آذار - مارس 1952.

هل تعلم؟

في الهند أو سيرلانكا أو تايلاند ترتبط الأنشطة الزراعية والدينية والتنجيمية، وحتى الطبية بفصل الأمطار. وهكذا أقام الطب التقليدي نظرية ترتكز على المواسم. يتوافق كل فصل مع مزاج في جسمنا: البلغم للفصل البارد، الريح للفصل الحار، المرّة لفصل الأمطار. تثير الريح اضطرابات عصبية، رجفة، آلاماً وداء المفاصل، في حين أن المرّة تكون مسؤولة عن الحمى وتسمم الدم والهذيان.

إن الأمطار الموسمية، التي يتغير موعدها وشدتها من سنة إلى أخرى، لها أهمية أساسية في حياة ملايين الأشخاص الذين ينتظرونها أو يخشون منها. فالأمطار الغزيرة تسبب فيضانات شديدة. أحياناً تشتد آثار الأمطار بهبوب مفاجئ لعاصفة أو إعصار. في المقابل، عندما تكون المتساقطات ضعيفة كثيراً، فإن الجفاف يسود ويصاب الإنتاج الزراعي بالكوارث. ■





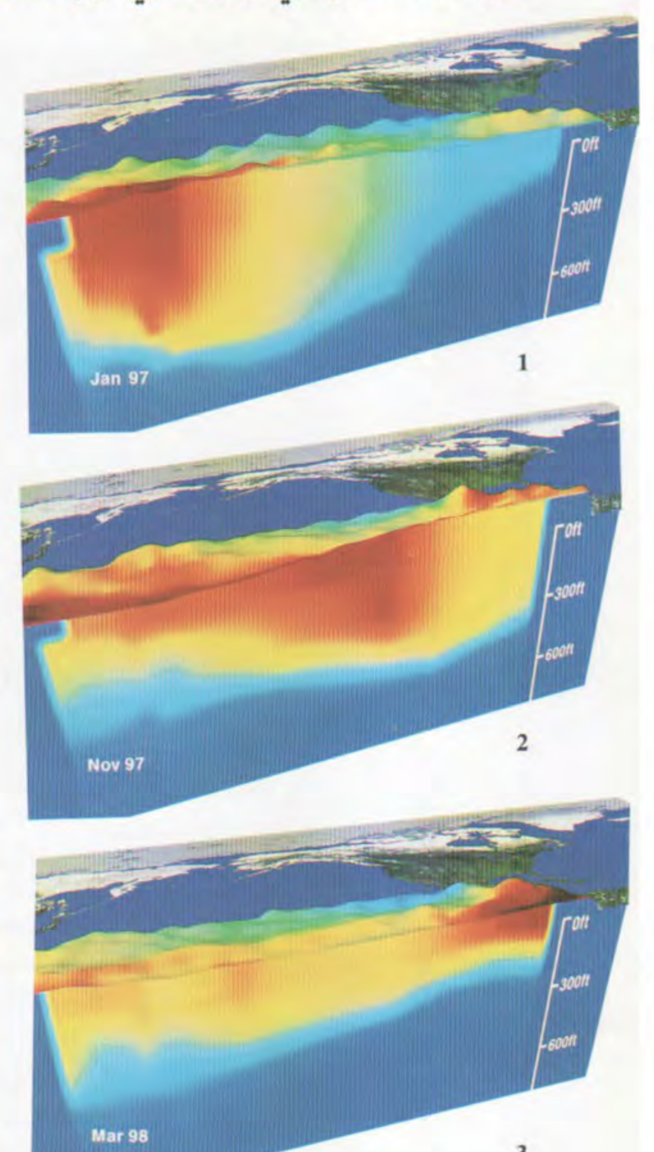
يتميز المناخ الموسمي بانعكاس تام للرياح مرتين في العام. وهو يمكن ملاحظته في أفريقيا الغربية وفي جنوب شرق آسيا وكذلك في شمال شرق الهند وفي أستراليا.



نزوات النينيو

تأرجح بين المحيط والغلاف الجوي

مصيدات مدمَّرة، أمطار جرافية أو جفاف طويل الأمد... يقف وراء كل هذه الكوارث مُذْنِب واحد: النينيو. لكن هذه الظاهرة في الأصل، هي مجرد تسخين لمياه الضفة الشرقية للمحيط الهادي.



في الأوقات العادية، تدفع الرياح المياه الساخنة من أميركا إلى آسيا، لذلك يكون مستوى الماء ودرجة الحرارة أعلى في جهة الغرب (1). وعند حصول النينيو، تميل الحالة إلى الانعكاس (2 و3).

منذ قرون، يعرف الصيادون على السواحل الاستوائية وشمال البيرو أنه خلال فترات من العام يخلي تيار المياه الباردة الاعتيادي القادم من الجنوب المكان لتيار حار يتحرك في الاتجاه المعاكس. تحدث هذه الظاهرة عامة في فترة عيد الميلاد، وقد أطلق عليها الاسم الإسباني النينيو، بالإشارة إلى الطفل يسوع. وعلى فترات منتظمة نوعاً ما، تكون هذه الظاهرة أكثر بروزاً. فتسبب عندئذ اختلالات كبيرة في درجات الحرارة يمكن أن تمتد لفترة تتجاوز العام، إضافة إلى فيضانات تُلحِق أضراراً بالمناطق الساحلية التي تمتاز عادة بالجفاف.

إن مصادفة حصول النينيو وشدته تتغيران بشكل كبير. يمكن أن لا تتعدى سخونة المياه الدرجتين أو، على العكس، يمكن أن تصل إلى 8 أو 10 درجات مئوية. في الحالة الأولى، يكون الأثر على المناخ معتدلاً ومحصوراً. في الحالة الثانية، يتعرض المناخ العالمي للاختلال: تكون أندونيسيا وأستراليا، وشمال شرق البرازيل ضحية فترات طويلة من الجفاف، في حين أن أمطاراً غزيرة تتساقط على السواحل الاستوائية وسواحل البيرو. تتعرض المكسيك وجنوب كاليفورنيا وفلوريدا لعواصف مدمرة. في حين أن الرياح الموسمية تضعف وتتعرض لاختلال كبير في الهند... كيف يمكن تفسير هذه الآثار التي تبدو متعارضة ظاهرياً؟

منذ العام 1923، لاحظ عالم الأرصاد الجوية البريطاني جيلبر ت. والكر أنه خلال بعض السنوات، عندما يقل معدل الأمطار عن مستواه الاعتيادي في شمال

عندما يظهر النينيو، تتحرك أعاصير المحيط الهادي الغربي نحو مركز المحيط.

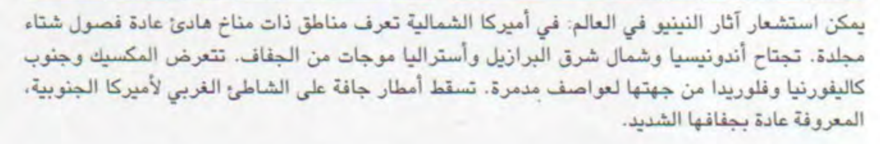
أستراليا وأندونيسيا، فإن الضغط الجوي يكون مرتفعاً بشكل غير طبيعي ويتعرض نظام الرياح للاختلال. في المقابل، في جنوب شرق الباسفيك، يكون الضغط أقل من معدله العادي. وقد أعطى لهذه الظاهرة اسم «الاضطراب الجنوبي»، وأشار إلى إمكانية وجود أثر لهذه الظاهرة على المقياس العالمي. وبدراسة الاختلالات الناتجة عن موسم النينيو لعامي 1957 ـ 1958، أثبت العالم النروجي جاكوب بركينس أن هذه الظاهرة الأوقيانية والاضطراب الجنوبي الذي أشار إليه والكر مرتبطان ببعضهما بشكل وثيق.

لقد أصبح معروفاً اليوم أن المحيط والجو، على جهتي الباسفيك، يخضعان لـ «لعبة تأرجح» حقيقية. ففي الوضع الطبيعي، يكون شرق الباسفيك ومركزه مصدراً لضغط مرتفع في حين أن غربه يكون تحت تأثير منخفض جوي. وعندما









يمكن استشعار آثار النينيو في العالم: في أميركا الشمالية تعرف مناطق ذات مناخ هادئ عادة فصول شتاء مجلدة. تجتاح أندونيسيا وشمال شرق البرازيل وأستراليا موجات من الجفاف. تتعرض المكسيك وجنوب كاليفورنيا وفلوريدا من جهتها لعواصف مدمرة. تسقط أمطار جافة على الشاطئ الغربي لأميركا الجنوبية، المعروفة عادة بجفافها الشديد.

تهب الرياح الشرقية (الصابيات) من مناطق الضغط المرتفع نحو مناطق الضغط المنخفض، فإنها تدفع نحو آسيا مياهاً تتسخن خلال عبورها الطويل وتنتهي بالتجمع إلى الغرب، مما يرفع مستوى مياه البحر حوالى 40 سم. تصب هذه الرياح المشبعة بالرطوبة أمطاراً غزيرة على جنوب شرق آسيا: إنها الرياح الموسمية. وفي الوقت نفسه، تقوم التيارات الساحلية إلى شرق الباسفيك، بدفع المياه الساخنة نحو عرض البحر ورفع المياه الموجودة في الأعماق وتكون هذه المياه باردة وغنية بالعناصر المغذية، وبالتالي غنية بالأسماك.

عندما يعلن النينيو عن قدومه، تتحرك المنخفضات الجوية المدارية التي يتميز بها غرب الباسفيك نحو مركز المحيط، وتؤدي إلى إضعاف الرياح وحتى إلى انعكاس اتجاهها. تتكون عندها رياح غربية فوق المحيط. تتجمع المياه الساخنة على طول شواطئ البيرو وخط الاستواء. تحيد عندئذ المنخفضات الجوية المدارية أكثر فأكثر نحو الشرق، مما يولّد بذلك رياحاً غربية ومياهاً أكثر سخونة. وخلال عدة أشهر، تكون كل المنطقة الاستوائية قد سخنت. في شرق الباسفيك، تتعدى درجة حرارة المياه السطحية المعدل الطبيعي بمقدار يتراوح ما بين درجتين و8 درجات مئوية. تجمّد هذه المياه الساخنة صعود المياه الباردة وتسبّب نقصاً في العناصر المغذية. عندها يتعذر على علق البحر الذي تتغذى منه الأسماك، أن يجد ما يقتات به. خلال موسم النينيو لعامي 1972 ـ 1973، أخلت أسراب البَلَم المنطقة تماماً فأصيب الصيد في البيرو بالانهيار. إن انبعاث الحرارة والرطوبة يعرض الشاطئ الغربي لأميركا الجنوبية المعروف بجفافه الشديد عادة، إلى العواصف والأمطار الغزيرة. وحيث أن الحركة الجوية العليا تكون هي الأخرى مشوهة، فإن مناطق ذات مناخ هادئ عادة تعرف فصول شتاء مجلدة والعكس بالعكس. يمكن استشعار هذه الآثار حتى في أوروبا وأميركا الشمالية. تدوم التشوهات عادة من عشرة إلى أربعة عشر شهراً، وبعدها يعود كل شيء إلى وضعه الطبيعي، بانتظار النينيو المقبل. ■

هل تعلم؟

لـ«النينيو» نقيض يعرف بـ «النينيا»، وهو يليه عادة أو يسبقه. ويتميز بآثار متعارضة: فالصابيات تشتد وتصبح درجة حرارة المحيط في مقابل أميركا الجنوبية باردة بشكل غير طبيعي. غير أن تعاقب الظاهرتين ليس منتظماً. ففي عامي 1982 ـ 1983 كان النينيو شديداً جداً ولم يحدث النينيا إذا صح القول. لكن العكس حدث عامي 1986 ـ 1987. أما في عامي 1992 ـ 1994، فحدث ما يعادل ثلاث ظواهر النينيو متلاحقة.

أرقام

● إن موسم النينيو الذي حصل عامي 1997– 1998 والذي تبعه موسم النينيا بشدة متميزة، أدى إلى وفاة 000 25 نسمة في العالم (فيضانات، موجات حر، عواصف، الخ...) والتهمت الحرائق أكثر من 20 مليون هكتار من الغابات (أندونيسيا، كندا، سيبيريا الشرقية، ماتو غروسو في البرازيل، الخ...) وقدرت قيمة الأضرار المباشرة بأكثر من 28 مليار دولار (13 مليار دولار لموسم النينيو عامي 1982 ـ 1983). وهذا ما يعادل خمسة أضعاف ما يحدث في عام عادي.

توضيح

سمحت دراسة المرجان المتحجر (الذي تتغير نسبة الأورانيوم والسترونتيوم الموجودة فيه مع درجة حرارة الماء) في أرخبيل فانواتو بإعادة تشكيل تغيرات درجات حرارة المحيط الهادي على مدى نصف قرن، قبل 200 4 سنة، ثم مقارنتها بالأرقام التي سجلت في نفس المنطقة بين عامي 1951 و 1997. أظهرت النتائج أن مواسم النينيو كانت في تلك الحقبة أطول، وفي الوقت عينه، ذات مدى أكبر.



ثروات البحر

بترول، معادن مذابة ومعادن غير خالصة

تشكّل المحيطات احتياطياً غير محدود تقريباً من المياه يذوب فيها عدد كبير من المعادن. كما تتوفر في أعماقها ثروات أخرى: طبقات من المعادن غير الخالصة أو حقول بترول ومعادن نادرة.



إن التنقيب عن البترول في البحر بعيداً عن الساحل نشط جداً، خاصة في عرض البحر مقابل البرازيل، حيث أقيم في التسعينات نظام مراقبة استثمار حقل بترول ضخم (تظهر في الصورة أكبر منصة بترولية نصف مغمورة في العالم).

يعتبر الملح واحداً من الموارد المعدنية للبحار، التي تحتوي كذلك على معادن نادرة ورواسب وهيدروكربورات. تحتوي المحيطات والبحار على 97 بالمئة من الموارد المائية لكوكبنا أي حوالى 1,4 مليار كيلومتر مكعب. غير أن الاستهلاك العالمي للماء قد تضاعف عشر مرات خلال قرن، ويهدد الشح حالياً حوالى ثلاثين بلداً. يمكن للاحتياطيات غير المحدودة تقريباً للمحيطات أن تسمح بمواجهة مشاكل الجفاف. تبقى المشكلة الأساسية نسبة الملح المرتفعة في هذه

تقدر احتياطيات البترول في البحر بمئة مليار طن.

المياه - 30كلغ من كلورور الصوديوم في المتر المكعب - مما يجعلها غير صالحة للاستهلاك.

غير أن هذه الملوحة لا تعتبر عائقاً منيعاً. فمنذ القرن التاسع عشر، تم تجهيز سفن مزودة بأنظمة تسمح بتقطير مياه البحر: كان يتم غلي الماء ثم تبريد البخار المجرد من الملح.

إضافة إلى طريقة التقطير، نذكر الطريقتين الأكثر شيوعاً لتحلية المياه المالحة: الميْز الكهربائي والتناضح العكسي. تستخدم الطريقة الأولى حقلاً مغنطيسياً لفصل إيونات الصوديوم والكلورور في المياه النقية. لتحلية مياه البحر بواسطة التناضح العكسي، ينبغي عبورها عبر غشاء يحتجز الأملاح. لكن هذه الطرق مكلفة جداً.

أرقـام

- في الخليج العربي تنتج محطات تحلية مياه البحر 4 مليارات متر مكعب من الماء في اليوم.
- يحتوي مليون طن من ماء البحر (ما يعادل 3 000 حوض سباحة أولمبي) على: 5 غ من الذهب، 250 غراماً من الفضة، 1 كلغ من التيتان، 2 كلغ من النيكل، 3 كلغ من النحاس، 10 كلغ من الزنك أو التوتياء...
- 66 بالمئة من الانتاج العالمي للمغنيزيوم و100 بالمئة من البروم تأتي من المحيطات.

واليوم تعد محطات التحلية بالمئات: إنها تزود بلدان الخليج العربي بحوالى 70% من حاجتها للمياه المحلاة، وتزود جزر الكناري بكامل حاجتها من هذه المياه.
يشكل كلورور الصوديوم حوالى 80 بالمئة من نسبة الأملاح الذائبة في المحيطات. نجد في هذه المياه أيضاً وبكميات مهمة، سلفات ومغنيزيوم وبوتاسيوم وكلسيوم. وبالإجمال، يمكن كشف 73 عنصراً كيماوياً طبيعياً في هذه المياه، من بينها المعادن الثمينة مثل الذهب (ولكن بتركيز ضعيف جداً). غير أن استغلال هذه العناصر يبقى صعباً. في الوقت الحاضر، يتم استغلال البروم مثلاً، المستعمل في علم الصيدلة بشكل خاص، أو المغنيزيوم، المهم بالنسبة لصناعة الطيران.
إن موارد الأعماق البحرية ترتدي أهمية أكبر. فموارد المسطحات القارية التي تغوص تحت الماء في انحدار هادئ هي متنوعة: رمل، حصى، كلس وهي مواد تستعمل في البناء، الماس (في أفريقيا الجنوبية)، الكبريت (في خليج المكسيك)، الفحم (في اليابان)... إن التآكل الذي يحمل معه المعادن الثقيلة قد أغنى الرمل بالتيتان قرب شواطئ فلوريدا، وشبه القارة الهندية وأستراليا والبرازيل مشكلاً تكدّساً يعرف بالمثبر. كما تم اكتشاف ترسبات من الذهب في آلاسكا ومن القصدير في ماليزيا.
إن حقول الهيدروكربور - غاز طبيعي وبترول - الموجودة في عرض البحر في الطبقات الرسوبية على عمق يصل إلى بضع مئات الأمتار (معروف أيضاً بالأوفشور) يجري استغلالها منذ نصف قرن. واليوم يوجد حوالى 000 20 منصة حفر عائمة، موزعة على 000 7 موقع في أنحاء العالم، وهي تزود الإنتاج العالمي بحوالى ربع طاقته.
حالياً، يتناول التنقيب بشكل رئيسي الأعماق الكبيرة - ما بين 500 و000 3 متر، حيث تمتد أحواض رسوبية غير مكتشفة عملياً، على مساحة 55 مليون كلم مربع، على هوامش القارات. لقد بدأ استغلال حقل مارلان، في عرض البحر مقابل البرازيل، على عمق يتعدى 700 1م. تتناول الأبحاث كذلك خليج المكسيك، وشمال شرق الأطلسي، وخليج غينيا. بالإجمال، تقدر احتياطات الذهب الأسود بحوالى 100 مليار طن.
ما زالت الموارد البترولية إذن بعيدة عن النضوب، غير أن الحوادث التي تحصل تكون عديدة نسبياً: تحطم أنابيب، أخطاء بشرية، ثورات عنيفة لآبار البترول مما يؤدي إلى «هدم» المنصات البترولية تماماً... إن أثر هذه الحوادث على البيئة (وخاصة البقع النفطية البحرية) يخفف الحماس الاقتصادي.
على أعماق تتراوح ما بين 000 4 و000 6م، تنتشر في قاع البحار الكبيرة حصى غريبة الشكل، تعرف بالعقيدات المتعددة المعادن. يحتوي هذا «البيض» الأسود اللون، والمجهول المصدر، والذي يتراوح قطره ما بين 5 و10سم، على معادن بنسب متفاوتة: حوالى 30% من المنغانيز، 6% من الحديد، وكذلك من السيليسيوم والألمنيوم والكوبالت والنحاس والنيكل... إن هذه العقيدات موجودة بشكل كبير في منطقة شمال الباسفيك، وهي تتميز بأهمية اقتصادية. إن مقادير المعادن الموجودة فيها مثل المنغانيز والنيكل والنحاس والكوبالت بلغت مستوى كافٍ لتبرير استغلالها. فتقنيات الرفع بمقياس صغير موجودة أصلاً وتنوي الشركات المنجمية جدياً الانتقال إلى مرحلة الاستثمار الصناعي. ■

هل تعلم؟

إن موارد البروم تأتي حصرياً من مياه البحر. وكان الفرنسي أنطوان جيروم بالار أول من استخرج هذه المادة عام 1826. ومنذ الحرب العالمية الأولى، استُعمل البروم لإنتاج غازات خانقة.

تفسير مفردات

- يتم **استغلال** البترول المستخرج من البحر قريباً من الشاطئ على عمق بضع مئات من الأمتار، حتى عمق 000 3 متر بالنسبة للآبار البحرية العميقة.
- **المثبر** هو تكدّس معادن ثقيلة تُنتزع من الصخرة الأم بواسطة التآكل.
- تتكون **العُقَيدات المتعددة المعادن** بفعل التبلر البطيء جداً (1 سم كل مليون سنة) لمعادن عديدة حول شائبة. هذه العقيدات المتعددة المعادن منثورة في قاع المحيطات.



للتغلب على مشكلة النقص في المياه العذبة، تشكل تحلية مياه البحر حلاً مغرياً لكنه مكلف. وقد تم اختبار هذا الحل، على مقياس كبير، في منطقة الخليج العربي، أو كذلك في إسبانيا (الصورة).



الاستغلال المفرط للبحار

موارد بيولوجية في خطر

إن أسطورة البحر المغذّي ما زالت حيّة: فالمحيط مترامي الأطراف... ولكنه نصف مقفر. صحيح أن المحيطات تحتوي على تنوع كبير من الأجناس، لكن هذه الأخيرة تتركز في مناطق محصورة يقوم الإنسان بنهبها بلا وازع.



يتناول الاستغلال المفرط أجناساً عديدة من الأسماك. يتعرض سمك المورة، بشكل خاص، إلى عمليات سحب كثيفة، خاصة في شمال الأطلسي، ويبدو في الصورة في عرض البحر مقابل تارنوف في كندا.

تغطي المحيطات أكثر من 70% من مساحة الأرض، لكن الحياة البحرية تتركز في المياه السطحية التي تضيئها الشمس (حتى عمق 150 متراً)، حيث يستطيع علق البحر (البلانكتون أو الطافيات النباتية) الذي يشكل الحلقة الأولى في السلسلة الغذائية، أن يتكاثر. إلا أن هذه الطبقة الرقيقة من الماء لا تشكل إلا 4% من حجم المحيطات! إضافة إلى الضوء، يحد الإمداد بالأملاح المغذية كثيراً توزيع الحياة البحرية. في المناطق الساحلية، تكون الحياة غنية لأن المياه التي تحركها العواصف بشكل مستمر، تكون محملة بالأملاح المعدنية الناتجة عن سيول المياه القارية. أما في وسط البحر، فإن العناصر العضوية والمعدنية الناتجة عن تحلل الجثث تسقط إلى القاع: وحدها مناطق تصاعد المياه العميقة (ظاهرة التيارات التصاعدية العميقة) إضافة إلى محيط القارة القطبية الجنوبية هي غنية إلى حد ما بالأملاح المعدنية مما يتيح انتشار كل السلسلة الغذائية. خارج هذه المناطق المحصورة، يتشابه البحر مع الصحراء. غير أن هذه المناطق هي بالضبط المناطق التي يستخرج منها الإنسان الأسماك بكثافة. يتناول الصيد بشكل خاص الأسماك آكلة اللحوم أي المخلوقات البحرية الأقل وفرة، والتي يتجدد مخزونها ببطء شديد. منذ العام 1800، تضاعف حجم استخراج هذه الأسماك حوالى 200مرة، ليصل إلى سقف 85 مليون طن.

يتم اصطياد كميات كبيرة من الأسماك التي لم تبلغ بعد مرحلة نضوجها الجنسي.

واليوم يتم تحديد مواقع الأسماك بواسطة مسابير متقنة (سونار، رادار...)، ويتم اصطيادها بواسطة شباك ضخمة (يصل طول البعض منها إلى حوالى 60 كلم). يتم اصطياد هذه الأسماك قبل نضوجها، وهذا لا يتيح لها الوقت الكافي للتكاثر. وقد بلغ الاستغلال المفرط مستويات قياسية في بحر الشمال - حيث انهار مخزون أسماك المورة - وفي شمال الأطلسي. في عرض البحر مقابل البيرو، هبط مردود صيد سمك الأنشوفة من 12 مليون طن عام 1972 إلى أقل من 2 مليون طن بعد عشرين عاماً. على غرار سمك الطراخور والسردين، والرنكة، فإن الأنشوفة هي من الأسماك التي تعيش في أسراب في مد البحر وخاصة في مناطق صعود المياه الباردة. تشكل كل هذه الأسماك المحيطية من ناحية الوزن حوالى نصف موارد الصيد. ينتهي الأمر بالأسماك الأكثر جودة إلى أطباقنا، لكن الجزء الأكبر

أرقام

- 87% من الكتلة الإجمالية للأسماك وبقية الحيوانات البحرية المأكولة توجد في المياه الساحلية أو مناطق صعود المياه العميقة، وهي لا تشكل إلا 2% من الحجم الإجمالي للمياه في المحيطات.
- يقدر المردود الأقصى النظري لصيد الأسماك ب 100 مليون طن في السنة (منها 90% من الأسماك، و5% من القشريات، و3,5% من رأسيات الأرجل).
- يضم أسطول الصيد البحري العالمي حوالى 5 ملايين سفينة.
- لو وضعت رأساً لرأس، الشباك التي ترمى في المحيط كل ليلة لبلغ طولها 000 40 كلم وتمكنت من الالتفاف حول الأرض.
- حوالى 25% من الأسماك المستخرجة يعاد رميها في البحر لأنها ما زالت صغيرة جداً.
- يقدر عدد الدلافين التي سوف تهلك خلال ثلاثين سنة نتيجة لتقنيات الصيد الصناعي بـ 000 500 6.

يستخدم في إنتاج الدقيق الحيواني. تصنف منظمة الفاو (منظمة الأغذية والزراعة، التابعة للأمم المتحدة) معظم أسماك البحر بين الأنواع «المحدودة» «المُستغلة بشكل تام» أو «المُستغلة بإفراط» من قبل الإنسان. إن السومون الأطلسي، والرنكة والراقود والتونة التي كانت متوفرة بكثرة في الماضي أصبحت اليوم في خطر. كما أن الصيد الجماعي للأسماك يطال الأصداف والقشريات، إضافة إلى بعض أسماك المياه العميقة (الأسماك الطويلة الذيل، والأسماك الطويلة المنقار أو أسماك السيف) التي كانت قديماً في مأمن.

في المحيط المتجمد الجنوبي، برز صيد الكريل كهبة جديدة. إلا أن الكريل يؤمن بقاء الثدييات البحرية المهددة (الحوتيات بشكل خاص). هذه الأخيرة هي في الأصل ضحية الصيد، فهل أنها ستُحرم من قوتها؟

يكون صيد الأسماك الكثيف أكثر تدميراً كلما كان غير انتقائي. فالشباك المتلاصقة ذات العيون المحبوكة بشكل خاص تلتقط دون تمييز أسماكاً صغيرة جداً وأخرى غير مطلوبة، وحيتاناً، ودلافين، وأسماك أسد البحر... وعندها يكون إرجاع عينات من الأسماك الميتة في غالبيتها، إلى الماء أسوأ الحلول. كما أن صيد الأسماك الكثيف يسبب أضراراً فادحة في الأنظمة البيئية البحرية. إن صيد السمك بالمراكب الجرّافة التي تجر الشباك على السواحل يقضي على المعاشب البحرية وعلى الشعب المرجانية. تضاف آثار ذلك إلى آثار تحسين الشاطئ والفضلات الملوثة المطروحة في البحر.

ليست كل هذه العمليات أحادية الاتجاه: فالأنواع تمتلك القدرات على التكيف: في بحر الشمال، أصبحت أسماك الرنكة تبلغ مرحلة نضوجها الجنسي بتقدم عام عن موعدها المعتاد في الماضي، مما يسهل تجدد مجموعاتها. تقدم الزراعة المائية وتربية المحار، فضلاً عن ذلك، بديلاً لعمليات صيد الأسماك في الطبيعة... يكفي لذلك عدم تغذية الحيوانات الداجنة بدقيق أسماك! إن أنواع القاروس، والمرجان الملكي والتروتة والسلمون المدجنة في مزارع الأسماك تحل تدريجياً محل الأنواع الطبيعية.

منذ حوالى عشر سنوات، تحدد القوانين الدولية عدد أيام صيد السمك المسموحة لكل سفينة، وتفرض حصص صيد وتحدد الحجم التجاري الشرعي الأدنى لأنواع عديدة... إن القانون الذي يصعب فرض تطبيقه، يسعى إلى مراعاة البحارة الصيادين ولا يتبع دائماً توصيات المختصين المتعلقة بكميات الصيد المقبولة والتي تسمح بإعادة تشكيل المخزون. عام 1995 تبنت منظمة الأغذية والزراعة (الفاو) القانون الدولي للصيد البحري المسؤول . فهل سيكفي ذلك لعكس اتجاه هذه النزعة؟ ■

هل تعلم؟

إضافة إلى لحمها، تعطي الحيوانات البحرية عدداً من المنتجات الثمينة: العنبر الرمادي الذي تطرحه حيوانات ثديية عظيمة من رتبة الحوتيات، اللؤلؤ الذي ينتجه المحار الصدفي، ذبل السلحفاة المستعمل في الصناعة الحرفية... في آسيا، تشتهر عظام قضيب الفقمة بنجوعها المزعوم لإثارة الشهوة!

تفسير مفردات

- تضم **السلاسل الغذائية** البحرية علق البحر النباتي، وعلق البحر الحيواني آكل العشب أو آكل اللحم والجوارح.
- **التيارات التصاعدية العميقة** هي صعود طبيعي للمياه الباردة الغنية بالأملاح المغذية، وبالتالي المؤاتية للحياة. تنشأ في عرض البحر مقابل بعض القارات (الشواطئ الغربية لأميركا الجنوبية وأفريقيا الجنوبية) وفي المياه القطبية.
- يشمل **فن صيد الأسماك** مجموعة التقنيات والأنشطة المتعلقة بصيد السمك في الوسط البحري أو القاري.
- يضم **الكريل** الذي تقتات به الحيتان عدداً لا يحصى من قشريات صغيرة تعيش في المياه الباردة وتشبه الجنبري.
- **تربية المحار** هي التربية الغذائية للأصداف (بلح البحر، محار...).



تشهد الزراعة المائية تطوراً كبيراً. وهي تقدم بديلاً عن صيد الأسماك الكثيف، في البلدان ذات الاستهلاك الكبير للأسماك.. الصورة أعلاه في النرويج ـ.



البحر، مكبّ للنفايات

تدهور البيئة البحرية

إن تلوّث التربة أو الأنهار أو الجو سوف يطال في المستقبل المحيطات التي أصبحت بدورها ملوّثة بفعل استغلال البترول المستخرج من البحار، أو استغلال المعادن غير الخالصة أو بسبب رمي النفايات في البحر. إن الوسط البحري في خطر.



يمكن للمواد البلاستيكية غير القابلة للتحلل أو لشباك الصيد المتروكة أن تنجرف خلال سنوات طويلة قبل أن تجنح نحو الشواطئ، كما يبدو هنا في الصورة في المنطقة القطبية الجنوبية.

خلال العقود الأخيرة، أصيبت المحيطات بتلوث شديد متعدد المصادر: منزلي، زراعي، صناعي، وحتى جيني.
إن النمو السكاني، والمواصلات البحرية، وإنتاج الطاقة وتطور الأنشطة الترفيهية (حمّامات بحرية، سفن النزهة) تقدم حصتها من الفضلات. لقد بلغت الأضرار اللاحقة بالشواطئ مدى غير مسبوق. أما عرض البحر فما زال مصاناً نسبياً لكن نوعية المياه مستمرة في التدهور.
للأنشطة المختلفة التي يقوم بها الإنسان على اليابسة (زراعة، صناعة، نقل بري، الخ...) أثر متصاعد على الوسط البحري وهي تساهم في التلوث بنسبة 77%. أما النقل البحري، ورمي النفايات في البحر واستغلال الموارد المعدنية البحرية فلها أثر أكثر اعتدالاً.
إن الملوّثات الأرضية المصدر التي تجرفها الأمطار، تصل إلى البحر عبر الأنهر والجداول أو تنصبّ فيه مباشرة. حتى الملوّثات الجوية تصل في نهاية المطاف إلى المحيطات. إن تدهور نوعية المياه يكون ملموساً بشكل خاص في البحار المغلقة (البحر الاسود) أو نصف المغلقة (البحر الأبيض المتوسط) إضافة إلى الخلجان أو مصبات الأنهر. يؤدي النمو السكاني بشكل خاص إلى زيادة كميات المياه المبتذلة، في حين أن محطات التنقية ما زالت نادرة، وحتى غير موجودة. إن إمداد المياه بالمواد المغذية، بكميات مرتفعة بشكل غير طبيعي (مياه مبتذلة، أسمدة، بعض المخلفات الصناعية) يولّد

إن طاقة المحيطات على ابتلاع فضلاتنا ليست بلا حدود.

انتشاراً للطحالب من شأنه الحد من دخول الضوء. ينتهي الأمر بهذه الطحالب إلى الموت والتحلل، مما يؤدي إلى تقليل كثافة الأوكسجين في هذه المياه العكرة: تسبب ظاهرة «النمو الغذائي المفرط والمَرَضِي» هذه اختلال التوازن البيولوجي للوسط بشكل كبير. وهي تؤدي كذلك إلى إزهار طحالب سامة تدخل إلى معدة القشريات والأصداف، فتركز هذه الحيوانات السميّة في أجسام هذه الأخيرة قبل أن يستهلكها الإنسان.
إن الفضلات السامة تشكل خطراً واضحاً سواء بالنسبة للكائنات الحية البحرية أو بالنسبة للصحة العامة. تدخل في هذه الفئة المعادن (كروم، نحاس، رصاص، نيكل أو كلسيوم)، الزرنيخ، الزيوت، الهيدروكربور غير الثابت، إضافة إلى مركبات الفوسفور والسيليسيوم والقصدير العضوية.



إن الطحلب المداري كوليربا تاكسيفوليا الذي أُدْخِل عن غير قصد إلى البحر الأبيض المتوسط ينتشر تدريجياً في الأعماق البحرية.



تلوث المياه المبتذلة الشواطئ. إنها غنية بالعناصر المغذّية، مما يساعد على تكاثر الطحالب.

أرقام

- يسكن نصف سكان العالم على مسافة تبعد أقل من 150 كلم من الشواطئ.
- 77% من التلوث البحري مرتبط بالأنشطة التي يقوم بها الإنسان على اليابسة، و12% بالنقل البحري، و10% برمي النفايات في البحر، و1% باستغلال الموارد المعدنية في البحار.
- أكثر من 10 000 طن من الزئبق الناتج عن فضلات مجمل الأنشطة الصناعية ترمى سنوياً في المحيطات.

يمكن للمنتجات غير القابلة للتحلل أن تنتشر بعيداً عن نقطة دخولها إلى مياه البحر بسبب مزج المياه بواسطة التيارات. تضم هذه الملوثات المتنقلة المواد البلاستيكية وكذلك المركبات العضوية المحتوية على الكلور التي تدخل في تركيب مبيدات الحشرات ومبيدات الفطر والمنتجات المبرِّدة، والمعادن الثقيلة مثل الزئبق أو الكادميوم أو الهيدروكربور.

إن الإشعاعية ذات المصدر العسكري (القنابل الذرية) أو الصناعي (المراكز النووية) لها أثر غادر(سرطانات، تحولات داخل الجينات). لم يتوضح حتى الآن أي أثر محسوس على الوسط البحري. منذ العام 1972، تم تحريم إغراق الفضلات الشديدة الإشعاعية في البحر. يبدو أن حالات التلوّث الناتجة عن حوادث طارئة وحدها هي التي تشكل خطراً حقيقياً.

فضلاً عن ذلك، توجد مواد عديدة ـ خاصة التريبوتيل إيتان (TBT) المستعملة في حماية هياكل السفن من الدرد ـ يعتقد أنها وراء اختلال سلوك الأجناس البحرية ووظائفها البيولوجية. كما أن الزراعة المائية هي في موضع الاتهام. فإضافة إلى كونها تؤدي عادة إلى تدمير المنابت الطبيعية مثل البحيرات الشاطئية الضحلة أو غابات المنغروف، فإنها تستعمل منتجات (أسمدة، مبيدات الطفيليات، مضادات حيوية، هرمونات، إضافات مغذية...) ما زال أثرها على المدى البعيد مجهولاً.

فضلاً عن ذلك، فإن المنتجات المائية الحيوانية والنباتية غير المسوّقة، ومخزونات الأسماك المريضة أو مياه خزانات البواخر التي عاث فيها علق البحر فساداً يعاد رميها في البحر في أغلب الأحيان. تدخل هذه الممارسات إلى المناطق الساحلية أنواعاً «غريبة» من شأنها أن تؤدي إلى اختفاء الأنواع البلدية أو الأصلية حيث تدخل معها في منافسة أو حتى تغير تماماً الأنظمة البيئية. على سبيل المثال، يقوم الطحلب المداري كوليربا تاكسيفولبا الذي أُدخِل عن غير قصد قرب موناكو عام 1989، بالاستيطان التدريجي في أعماق البحر الأبيض المتوسط على حساب المعشبات البحرية.

بغية إيجاد حل لمشكلة التلوث البحري المعقدة، ينبغي الأخذ بعين الاعتبار الترابط بين البحر وبين المناطق الساحلية وينبغي كذلك التوفيق بين احترام البيئة والنمو الاقتصادي للمناطق الساحلية، وبدون ذلك يصعب فرض القوانين على الجميع. ■

هل تعلم؟

بين عامي 1953 و1960، تعرض المئات من الأشخاص الذين يعيشون في خليج ميناماتا باليابان إلى التسمم بسبب تناول أسماك وأصداف ملوثة بفضلات صناعية تحتوي على الزئبق. وقد سجل بينهم 46 حالة وفاة. إن المرض الذي تظهر أعراضه بشكل اضطرابات عصبية شديدة يبدو أكثر مأساوية كونه ينتقل من الأمهات الحوامل المصابات به إلى أطفالهن عند الولادة. كانت هذه الكارثة وراء إثارة الوعي الدولي. أجريت عمليات مراقبة نسبة الزئبق في الأسماك المستخرجة من البحر ومن المياه العذبة على نطاق واسع، وأدت في أوروبا والولايات المتحدة إلى منع بيع واستهلاك أسماك مستخرجة من بعض الأنهر والبحيرات والخلجان البحرية.

توضيح

تم تحليل مذهل لأثر الملوثات البحرية على مجموعات من الحفش الروسي أو الدلافين البيضاء التي تعيش عند مصب نهر سان لوران (كيبيك). وتبين أن العديد منها مصاب بأورام سرطانية متعددة، عند مستوى القناة الهضمية خصوصاً. تركز هذه الأسماك الكبيرة التي تنتمي إلى فصيلة الحوتيات في أنسجتها كل المعادن الثقيلة المتكدسة في مختلف حلقات السلسلة الغذائية.

تواريخ

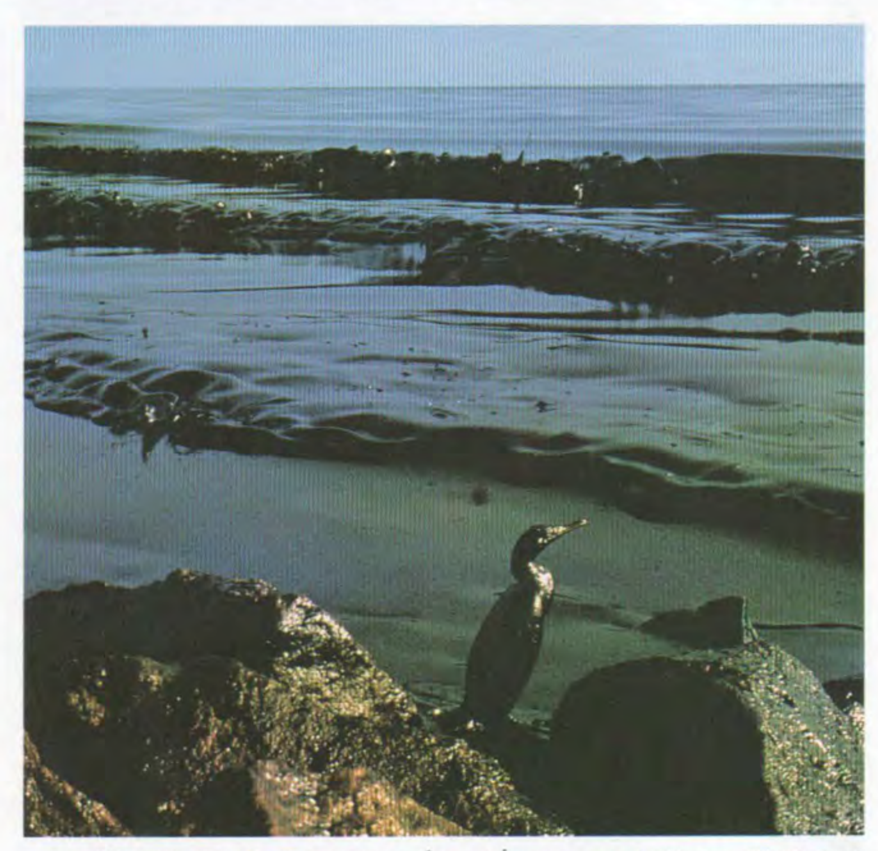
- 1982: المصادقة على اتفاقية الأمم المتحدة حول قانون البحار. إنها الاتفاقية العالمية الشاملة الوحيدة حول المحيطات وهي تضع مبادئ التكامل البيئي للمحيطات ولإدارتها المنهجية.
- 1992: توقيع اتفاقية OSPAR حماية شمال شرق الأطلسي. تضع هذه الاتفاقية أسساً لتقدير نوعية الوسط البحري.



بقع النفط البحرية

عندما يدبّق البترول ويقتل

إن بقع النفط في البحر وفضلات البترول الناتجة عن الصناعة والنقل البحري مضرّة بشكل خاص بالوسط البحري. إن مكافحة ذلك هي قيد التنظيم حالياً لكن نتائجها ما زالت متواضعة.



إن بقع النفط السوداء الناتجة عن حوادث تطرأ على منشآت استثمار البترول متكررة في البلدان المنتجة. (انظر الصورة أعلاه).

الهيدروكربورات (مركبات البترول والغاز الطبيعي) هي الملوثات الرئيسية للمحيطات ولمصابّ الأنهار. منذ غرق الناقلة «توري كانيون» إلى الجنوب من إنكلترا عام 1967، أصبح من المعروف أن غرق ناقلة نفط يمكن أن يحدث كارثة بيئية رهيبة. إن الحوادث التي تصيب المنشآت الأرضية (خطوط أنابيب، حقول بترولية) أو الموجودة في البحر (منصات حفر) تولد كذلك بقعاً نفطية.

بالرغم من أن النفايات الناتجة عن الصناعة والتمدن على اليابسة غير منظورة، إلا أنها تبدو الأهم من حيث الكمية. ومما يزيد التلوث أيضاً بشكل عام استخراج الغاز والتفريغ المتعمد في عرض البحر للهيدروكربور المتبقي في خزانات السفن.

ترتبط فداحة بقع النفط البحرية بتركيب البترول الكيماوي.

ترتبط آثار بقعة النفط في البحر بمكان وجودها وبالأحوال الجوية السائدة وخاصة بكمية البترول المنتشر وطبيعته. في الواقع، إن البترول هو مزيج من جزيئات عديدة - الهيدروكربور بشكل أساسي - لا يذوب معظمها، وهي أخف وزناً من الماء. تميل المركبات المتبخرة (ميثان، إيتان، بروبان، بوتان، بنزين، تولويان...) إلى التبخر في حين أن المنتجات الأكثر وزناً تسقط إلى القاع. على المدى الطويل، من شأن البكتيريا البحرية تحليل الهيدروكربور. يتخلص المحيط من التلوث ولكن بأي ثمن؟

في البحر، تلوث الطبقات والمستحلبات المكونة من الهيدروكربور الكائنات الحية وتدبّقها. من أول ضحاياها علق البحر (البلانكتون) الذي يشكل الحلقة الأولى في السلسلة الغذائية، وطيور البحر والثدييات البحرية: يفقد الجلد والريش المتسخان قدرتهما على تأمين العزل الحراري. تضعف قابلية العوم عند الطيور وتصبح مخاطر دخول هذه المواد إلى المعدة أو الاختناق كبيرة. على الشاطئ، تكون الملاحات والمستنقعات حسّاسة بشكل خاص إزاء بقع النفط. إذا كانت شواطئ الرمل الناعم تحتجز عامة البترول على السطح، فإن البترول ينزع إلى التسرّب بين الحصى والحصب. لكن الشواطئ الصخرية محميّة من ذلك نسبياً.

إن سميّة البترول متغيرة كثيراً. العناصر السامة الرئيسية هي الهيدروكربور العطري، الشديد التبخر، الذي يعطي النفط رائحته المميزة. يمكن لهذه العناصر أن تسبب موت بعض الطحالب أو الدعاميص الفتية، وحتى بعض الرخويات والقشريات، ونادراً بعض الأسماك البالغة.

إن مكافحة بقع النفط صعبة. لقد أثبت

أرقـام

- بين عامي 1967 و2000، تـدفق أكثر من 500 000 طـن مـن الـهـيـدروكـربـور عـلـى السواحل البريطانية والفرنسية والإسبانية والبرتغالية، نتيجة حدوث أكبر 15 بقعة نفط.
- قتل البترول المتدفق من «أموكو كاديز» (1978) بـيـن 30% و55% من الرخويات الصخرية، وبين 90% و95% من الرخويات التي تعيش في الرمل، إضافة إلى 50% من السلاطعين، وبين 20% و40% من البطريق وأكتع القطب الشمالي (نوع من الطيور) التي تعيش في المنطقة.
- قتل الفيول الثقيل (12 000 طن) الذي تدفق من «إريكا» (1999 ـ 2000) 300 000 طائر من 64 نوعاً مختلفاً. إنها أكبر كارثة تتعرض لها الطيور في التاريخ.
- بعد حصول بقعة النفط في آلاسكا الناتجة عن «إيكسون فالديز» (1989)، حُكم على شركة إيكسون بدفع 5 مليارات دولار كتعويض عن الأضرار. (لم تدفع شركة أموكو إلا 200 مليون دولار للدولة الفرنسية وللبلدان التي تضررت من غرق أموكو كاديز).

غرق «إريكا» في عرض البحر مقابل بروتاني خلال عام 2000 وجنوح «جيسيكا» في جالاباجوس في شهر كانون ثاني ـ يناير 2001، قلة فعالية وسائل المكافحة المتاحة. بالإمكان استرجاع كمية قليلة من البترول تسربت في البحر. وإذا سمحت ظروف الأحوال الجوية بذلك، يصبح بالإمكان حصر طبقة البترول المتسرب، ثم ضخها، ثم فرزها (على سطح الماء) أو جرفها (في عمق البحر). إن حرق طبقة البترول بعد تطويقها ضمن حواجز مضادة للنار، كما حدث بشكل خاص أثناء غرق «إيكسون فالديز» في آلاسكا (1989)، لا يكون ممكناً إلاّ خلال الساعات التي تلي مباشرة وقوع الكارثة، وإلا فإنه يولد ملوثات أخرى (قطران، غاز) ولا يشكل حلاً مثالياً.

إن نشر منتجات كيماوية (مطهرات أو مبدّدات تجزئ البقعة إلى قطرات تتحلل بيولوجياً) هو قليل الفعالية على الهيدروكربور اللزج كما هي الحال في «إريكا». فالمبدّدات التي استعملت خلال الستينات كانت سامة جداً. أما تلك المتوفرة حالياً فهي أكثر أماناً، لكن استعمالها يظل ممنوعاً في المناطق الحساسة بيئياً.

في كثير من الحالات، لا يكفي استعمال موانع عائمة لمنع تلوث الشاطئ. لا يبقى إذن إلا التأهب للعمل...

من أجل محاولة تجنب هذه الكوارث، تفرض اتفاقية ماربول، التي سنّتها المنظمة البحرية الدولية، مراقبة مطابقة السفن وتنظيم تفريغ الصوابير (تفريغ أحواض البترول المليئة بالماء التي تستعمل كثقل لحفظ توازن السفينة). لقد وضعت البلدان الأكثر تعرضاً لبقع النفط خطط مكافحة. وأنشأت كذلك خطوطاً حديدية إجبارية للنقل. هناك سفن جرّارة على أهبة الاستعداد بشكل دائم لمساعدة السفن التي تواجه مصاعب. تحت تأثير ضغط الرأي العام، تساهم الصناعة البترولية في مكافحة التلوث وفي التعويض عن الأضرار. ولكنها ما انفكت تستأجر سفناً قديمة تحت شعار التساهل. من الآن وحتى العام 2015، يتوجب على كل ناقلات النفط التي ترسو في موانئ الولايات المتحدة أن تكون مجهزة بهيكل مزدوج. إذا كان هذا الإجراء لن يزيل مخاطر الحوادث، فإنه سيسمح بتأمين النقل البحري للهيدروكربور وذلك بتسريع تحديث الأسطول. ■

هل تعلم؟

يلزم حوالى 7سنوات حتى تزول تلقائياً الآثار المنظورة لبقعة نفط على الشاطئ: يتحلل البترول بفضل النشاط الجرثومي. يبرز توازن جديد حيث أن أعداد الجماعات التي أبيدت تميل إلى إعادة التكوين. لكن الأمر ليس كذلك بالنسبة للبترول المترسب في قاع البحر: فقد أجريت تحاليل في المنطقة التي غرقت فيها «إريكا» عام 1999، أظهرت وجود آثار للبترول المتأتي من ناقلة النفط جينو التي غرقت في نيسان ـ أبريل 1979.



عام 1979، كان انفجار منصة البترول العائمة «إيكستوك ـ 1» في خليج المكسيك، وراء إحداث واحدة من أهم بقع النفط في التاريخ.

بقع النفط الأكثر أهمية:

الكويت (حرب الخليج)	حرائق طالت 732 بئر بترول (نصفها احترق)	من 500 000 إلى 1 مليون طن	1991	الكويت
إيكستوك ـ 1	منصة بترول عائمة	450 000 طن	1979	خليج المكسيك
كومي	انقطاع خط أنابيب	270 000 طن	1994	شمال روسيا
أطلانتيك امبرس	ناقلة نفط (غرق)	257 000 طن	1979	الكاريبي
كاستيلو دوبوليفر	ناقلة نفط (غرق)	239 000 طن	1983	جنوب أفريقيا
أموكو كاديز	ناقلة نفط (جنوح)	221 000 طن	1978	فرنسا (بروتاني)



البحيرات والأنهار

ثمن الاستصلاح

بالرغم من خطر تضخّم الفيضانات أو ظواهر التآكل، لم يتوان الإنسان عن استصلاح مجاري المياه والبحيرات. غالباً ما يتم ذلك على حساب الحياة المائية.



أقيمت عدة مدن كبيرة في كندا ـ أوتاوا، مونتريال، كيبيك ـ على ضفاف نهر سان لوران، الذي يشكل محوراً مهماً للمواصلات. في مونتريال، يولّد المرفأ النهري الواسع مستوى عالياً من التلوث.

للماء أهمية حيوية بالنسبة للإنسان الذي أقام مدنه على مقربة من الأنهار أو الجداول أو البحيرات الكبيرة. شكّلت مجاري الماء طرقاً طبيعية للمواصلات تُستخدم لنقل الناس والبضائع. وقد سمحت الموارد المائية بنمو الزراعة والصناعة. وأخيراً، استُعملت الطاقة المائية قبل مجيء الحضارة الصناعية: ففي أوروبا، بنيت الطواحين الأولى منذ القرون الوسطى.

لكن السيطرة على المياه القاريّة ليست بالأمر اليسير. ففي الحالة الطبيعية، تشكل الأنهار مع روافدها شبكة هيدروغرافية تتغذى من السيول. يرتبط نظام الأنهار (التغييرات السنوية لمنسوبها) بالمناخ والتضاريس وكذلك بطبيعة الأرض أو الغطاء النباتي. يتعاقب المد والجزر على وتيرة الفصول وفقاً للمتساقطات أو لذوبان الثلوج. وفيما يتعلق بالبحيرات، فإنها تنتج عن تخزين المياه في أحواض طبيعية (حفر الانفصال، فوهات بركان، مدرجات جليدية...)

إن أعمال الاستصلاح التي أجريت بهدف «تطويع» هذه المياه السطحية لاستخدامات الإنسان قد حوّلت المشاهد الطبيعية بشكل عميق. تحولت حافة الأنهر إلى مرافئ أو إلى مساحات للترفيه، أو نظمت لتحسين أمن العاملين والسكان المجاورين. لقد تم تغطية ضفاف النهر بالأسمنت وصممت شواطئ اصطناعية.

لقد خضعت معظم الطرق الصالحة للملاحة حالياً إلى عمليات تصحيح أو توسيع لمجاريها مما غيّر منسوبها. فنهر الران مثلاً تضاعف بعد وصله بقناة الألزاس الكبيرة في مطلع القرن العشرين، ثم خضع لتحولات عديدة

> **من المفارقة أن استصلاح مجرى نهر قد يزيد من خطر الفيضان.**

جعلت من هذا النهر الضخم ذي المنسوب غير المنتظم، أهم شريان نهري في أوروبا الغربية.

فضلاً عن ذلك، تم إنشاء عدة سدود مائية لضبط منسوب الأنهار، وإمداد المدن بالمياه، وتيسير الري والسماح باستخدام الطاقة المائية الكهربائية. يوجد اليوم حوالى 000 40 سد كبير، يقع نصفها في الصين. تزيد أعمال الاستصلاح هذه من هشاشة الأنظمة البيئية المرتبطة كثيراً بالأوساط المائية. فالسهول المعرضة للفيضان والمحاذية للأنهار في تراجع كبير على حساب عالم الحيوان (البط والطيور المائية المتنوعة طويلات الساق، الثدييات، الضفدعيات...) وعالم النبات. لقد اختلّت دورة تناسل الأسماك، على غرار دورة الزنجور. وهناك أنواع أخرى مثل الأنقليس توقفت هجرتها بسبب السدود.

توضيح

● عام 1996، أجرى البنك الدولي دراسة حول آثار خمسين مشروعاً لسدود كبيرة ساهم في إنشائها في البلدان النامية. فوجد في رصيده عدة منافع مثل زيادة الطاقة الكهربائية المائية المتاحة، وتحسين مردود الزراعات المروية، ومراقبة الفيضانات والتزويد بالمياه. ولم يسجل تدهوراً جسيماً وباتجاه واحد للبيئة إلا في حالتين: بايانو في بنما وكاريبا بين زامبيا وزمبابوي.



أدى البحث الدائم عن أراض جديدة للبناء في بعض الأحيان إلى البناء في مناطق معرضة للفيضانات، وشكّل ذلك مجازفة بحياة السكان الذين كانوا غالباً يفتقرون إلى المعلومات.

إن تغيير تيارات الأنهار أو سخونة الماء، أو توحّل المجاري أو المسطحات المائية لها آثار غالباً ما تكون مضرة بالمجموعات الحيوانية أو النباتية، التي هي، فضلاً عن ذلك، ضحية تلوث متصاعد مصدره مدني وصناعي وزراعي.

يلاحظ كذلك تضخم في الظواهر الطبيعية. ففي البلدان المتقدمة، أدى الارتفاع الكبير لنسبة تملك الأراضي في المناطق المعرضة للفيضان، المقترن بالاستعمال الكثيف للأسمنت غير المنفذ للسوائل (مما يزيد منسوب جريان المياه) وبانخفاض الغطاء النباتي، إلى تفاقم شديد لفداحة الفيضانات ونتائجها. في مناطق أخرى، تتضخم آثار الجفاف والتآكل من جراء ذلك. فإنشاء السد العالي في أسوان على نهر النيل أدى إلى تآكل الدلتا وإلى انخفاض خصوبة التربة، التي حرمت من الإمداد بالطمى. غير أن إنتاج الكهرباء بالطريقة المائية سمح بإقامة صناعات وزادت مساحة الأراضي الصالحة للزراعة. من الصعب جداً التوفيق بين الرهانات الاقتصادية والبيئية.

من الآن فصاعداً، أصبحت مشاريع الاستصلاح تضم بعداً بيئياً في أغلب الأحيان. يتم استحداث «ممرات» للأسماك المهاجرة. تقام مناطق محمية للحفاظ على الموئل الطبيعي للأنواع المهددة. عندما تصبح السدود مهملة ويتم هدمها، تجري بنجاح نسبي إعادة ترميم مجاري المياه مما يسمح للطبيعة باستعادة حقوقها. في عام 1971، أوصت اتفاقية رامسار بترشيد استعمال المناطق الرطبة بحيث تحترَم معايير الحماية. ومنذ ذلك التاريخ، صادقت عدة دول على هذه الاتفاقية. هل سيكفي ذلك لتجنب عمليات استصلاح مفرطة تؤدي إلى تدهور أحادي الاتجاه للأوساط المائية القارية؟ ■

هل تعلم؟

لقد كرّس ليوناردو دافنشي ثلاثين سنة من حياته لمشروع تنظيم مائي في توسكانا يتناول نظاماً مائياً ذا استخدامات متعددة: ضبط المياه، ري، صناعة، نقل، تجارة... بدأت الأشغال الأولى لتحويل أرنو إلى قناتين عام 1504 ولكنها لم تصل إلى نهايتها أبداً.

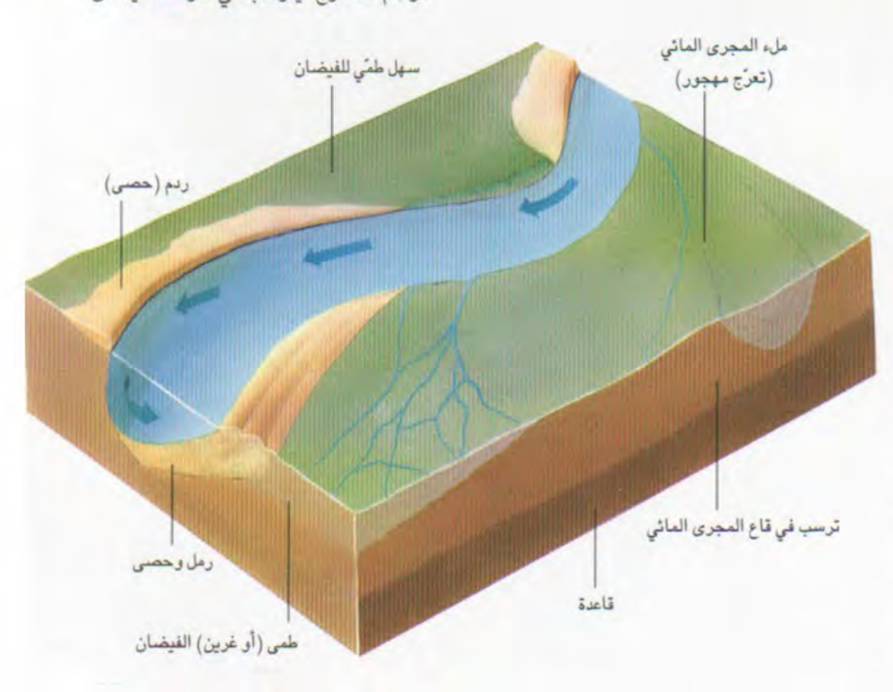
تواريخ

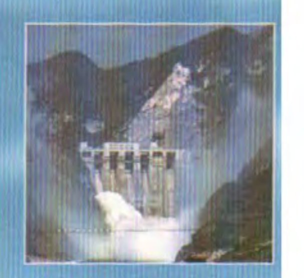
● يعود تاريخ أقدم أنظمة للري (وادي النيل، زراعة الأرض المردومة في الفيليبين) إلى أكثر من 000 3 سنة.

● استخدمت عجلات رافعة للمياه، تعرف بالنواعير، لأعمال الري في الشرق الأوسط منذ الألفية الثانية قبل عصرنا.

● بدأ بناء القناة الكبرى في الصين والتي تصل بكين بهانغ زو (781 1 كلم) عام 540 قبل عصرنا وانتهى عام 1327.

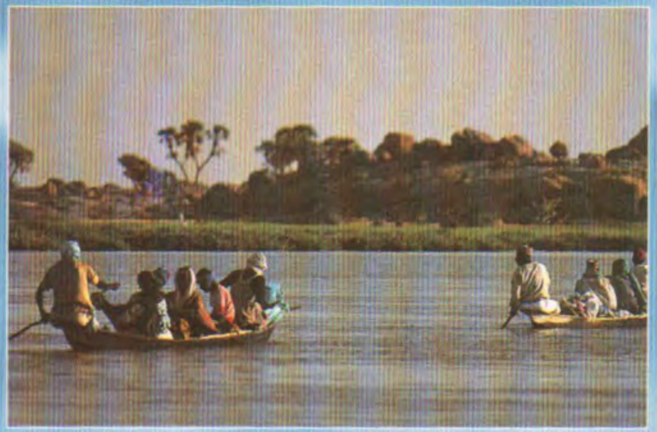
إن دور السهول الطميّة أساس في الزراعة. فالطمى الخصيب الناتج عن تآكل ضفاف النهر الناتئة ذي الرسم المتعرج، يترسب في فترات الفيضان.





بعض الأنهار الكبيرة

مجار طبيعية تحت سيطرة الإنسان



نهر النيجر

أميركا الشمالية

■ الميسيسيبي ـ الميزوري

طول الميسيسيبي: 780 3 كلم وطول رافده الميزوري: 370 4 كلم.
الحوض: 000 222 3 كلم^2.
متوسط المنسوب: 000 18 م^3 في الثانية.
ميزات خاصة: يحمل حوالى 400 مليون طن من الطمى كل سنة إلى السهول الخصيبة في وسط الغرب الأميركي. يمكن أن تسبب زيادة منسوبه فيضانات هائلة (000 240 هكتار من الأراضي المغمورة في شتاء 1982 ـ 1983). إنه مجرى نهري صالح للملاحة النهرية ذو أهمية كبيرة جداً.



ملتقى نهري الميسيسيبي وأوهايو

■ ماكينزي

الطول: 600 4 كلم
الحوض: 000 760 1 كلم^2
ميزات خاصة: له نظام الأنهر التي تغذيها الثلوج: فالجليد وانحسار المياه في الشتاء يعقبهما فيض المياه في شهر حزيران ـ يونيو.

أميركا الجنوبية

■ بنما

الطول: 000 3 كلم (200 4 كلم مع ريو دو لابلاتا)
الحوض: 000 835 2 كلم^2
متوسط المنسوب: 000 13م^3 في الثانية
ميزات خاصة: يشكل حدوداً طبيعية لعدة دول (البرازيل، الأرجنتين، باراغوي).
أقيمت على مجراه منشآت مائية كهربائية (سد ياسيريتا). وأعطى اسمه إلى مرفأ نهري كبير في الأرجنتين. إنه أحد أكبر الطرق الصالحة للملاحة في أميركا الجنوبية.

أفريقيا

■ النيجر

الطول: 200 4 كلم
الحوض: 000 500 1 كلم^2
متوسط المنسوب: 000 7 م^3 في الثانية
ميزات خاصة: إنه النهر الرئيسي في أفريقيا الغربية. يستفاد منه في الري (سد ماركالا في مالي).

■ الكونغو (زائير)

الطول: 700 4 كلم
الحوض: 000 800 3 كلم^2
متوسط المنسوب: 000 40 م^3 في الثانية
ميزات خاصة: صالح للملاحة في القطاعات الموجودة بين السدود (166 14 كلم من الطرق الصالحة للملاحة مع روافده).
يتميز بمنسوب منتظم نوعاً ما. يشكل حوض النهر منطقة حرجية رطبة وساخنة. تنظيم مائي كهربائي في إنجا في مضيق زائير. صيد السمك نشط.

■ النيل

الطول: 671 6 كلم
الحوض: 000 870 2 كلم^2
متوسط المنسوب: 800 2 م^3 في الثانية
ميزات خاصة: يغذي مصر وقطاع غزة (الأراضي الفلسطينية) بمياه الشرب ـ أدى السد العالي في أسوان إلى قيام بحيرة ناصر (000 5 كلم^2) التي ساهمت في اتساع الأراضي المروية لكنها أدت كذلك إلى زيادة ملوحة هذه الأراضي وإلى انخفاض كبير في الإمداد بالطمى المخصب للتربة. تتراجع الدلتا 30 متراً كل سنة.



نهر الأمازون

■ **نهر الأمازون**

الطول: 7 025 كلم

الحوض: 7 045 000 كلم²

متوسط المنسوب: 150 000 م³ في الثانية

ميزات خاصة: إنه النهر الأكثر أهمية من حيث الطول والحوض والمنسوب والدور البيئي. يحمل 1 مليار طن من الطمى كل عام - تمتد الغابات المغمورة التي تحد مجراه الرئيسي على مسافة 200 كلم. تتقدم مياه الأمازون مسافة 300 كلم في المحيط الأطلسي دون أن تمتزج بالمياه المالحة.

أوروبا

■ **الفولغا**

الطول: 3 690 كلم

الحوض: 1 360 000 كلم²

متوسط المنسوب: 8 000 م³ في الثانية

ميزات خاصة: تهيأ هذا النهر للإنتاج المائي الكهربائي وللملاحة، وهو يتصل بقناة بالبحر الأبيض والبلطيق (قناة فولغا - بلطيق)، وببحر آزوف والبحر الأسود (قناة فولغا - دون) وكذلك بموسكو. يمتد على طول مركز فولغو غراد الصناعي (ستالينغراد سابقاً).

■ **الدانوب**

الطول: 2 850 كلم

الحوض: 800 000 كلم²

متوسط المنسوب: 6 300 م³ في الثانية

ميزات خاصة: يعبر فيينا وبودابست وبلغراد. يستعمل للملاحة وللإنتاج المائي الكهربائي والري - نظامه معقد.

آسيا

■ **الأوب**

الطول: 4 345 كلم

الحوض: 2 999 000 كلم²

متوسط المنسوب: 12 400 م³ في الثانية

ميزات خاصة: يصب في المحيط المتجمد الشمالي عبر أطول مصب في العالم. تتجمد مياهه خلال ستة أشهر في السنة. يتيح تأثيره للغابة بأن تمتد في منطقة التوندرا.

■ **الأمور**

الطول: 4 440 كلم

الحوض: 1 845 000 كلم²

ميزات خاصة: يشكل حدوداً طبيعية بين سيبيريا وشمال شرق الصين. يصب في شمال غرب المحيط الهادي. صالح للملاحة خلال نصف العام. ما زالت طاقته المائية الكهربائية الكامنة غير مستغلة نظراً للوضع الاستراتيجي للمناطق التي يعبرها.

■ **اليانغزي جيانغ**

الطول: 5 980 كلم

الحوض: 3 222 000 كلم²

متوسط المنسوب: 34 000 م³ في الثانية (ويصل إلى 93 000 م³ في الثانية في أوقات الفيضانات).

ميزات خاصة: كان يعرف سابقاً بالنهر الأزرق. يعيش في حوضه أكثر من 200 مليون صيني. إن فيضاناته قاتلة. صالح للملاحة بشكل استثنائي من جهة سافلته. يبنى عليه حالياً سد المضائق الثلاثة (مشروع كهربائي مائي بطاقة 18 200 ميغاواط). سيؤدي ذلك إلى تهجير 1,5 مليون نسمة. تترتب عليه مستقبلاً آثار بيئية ضخمة.



يانغزي جيانغ: بناء سد المضائق الثلاثة

■ **الهو يانغ هي**

الطول: 4 845 كلم

الحوض: 745 000 كلم²

ميزات خاصة: كان يعرف سابقاً بالنهر الأصفر. إنه النهر الأكثر طمياً في العالم (يجحف سنوياً 1,6 مليار طن من الطمي).

أقيمت عليه مشاريع كهربائية مائية هامة. يعيش أكثر من 250 مليون نسمة على ضفافه. نظام هذا النهر غير منتظم وفيضانه في أغلب الأحيان قاتل.

■ **الغانج**

الطول: 3 090 كلم

الحوض: 2 165 000 كلم²

متوسط المنسوب: 13 000 م³ في الثانية

ميزات خاصة: نظامه غير منتظم للغاية (150 م³ في الثانية خلال الفصل الجاف ويصل إلى 73 000 م³ في الثانية خلال فيضان الصيف). إنه النهر المقدس في الهند، حيث يستحم فيه الحجاج. يصب في المحيط الهندي، يشكل مع البراهما بوتر أوسع دلتا في العالم (والأكثر اكتظاظاً بالسكان). تشتد فيضاناته بسبب اجتثاث الغابات.



دورة الماء

حركات غلاف الأرض المائي

يوجد الماء في كل مكان على الأرض، لكن جزءاً قليلاً جداً منه يمكن استعماله من قبل الكائنات الحيّة. يتحرك الماء بشكل دائم وفي حالته السائلة خصوصاً، بين الجو والغلاف المائي والكائنات الحيّة.



يظهر الماء غالباً في حالته السائلة على سطح الأرض، ولكن بالنسبة للماء العذب، وبالرغم من ضخامة بعض الأنهار، (في الصورة، الأمازون) فإن الحالة الصلبة (جليد المناطق القطبية) هي المسيطرة، من ناحية الحجم.

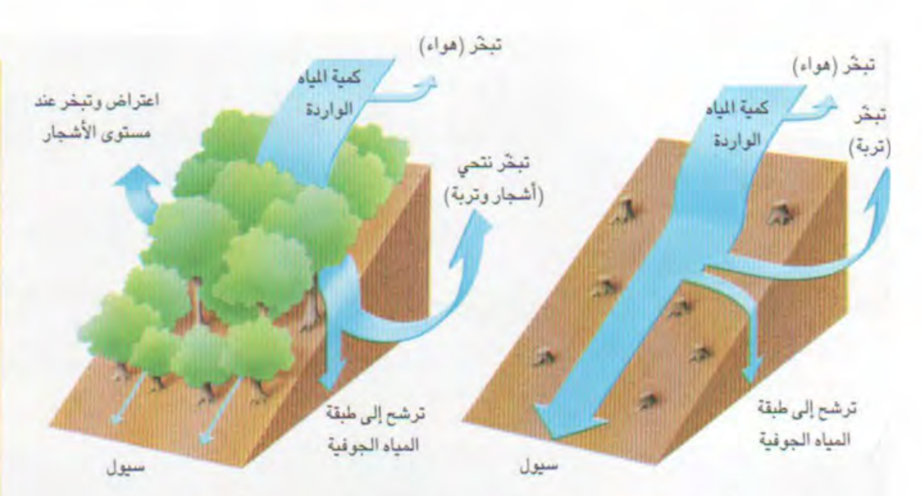
كان ينبغي تسمية كوكب الأرض بكوكب الماء. لقد أظهرت الصور الأولى المأخوذة من الفضاء تفوق الماء على سطح الأرض. إن الغلاف المائي، أي المياه الموجودة في المحيطات والقارات، يغطي في الواقع 360 مليون كلم مربع، أي حوالى 72 بالمئة من مساحة الأرض. يشير تعبير «دورة الماء» بكل بساطة إلى أن الماء الذي يسقط على سطح الأرض ينتهي دائماً بالتبخر ثم التكاثف ليشكل الغيوم ويعود فيسقط من جديد على الأرض. غير أن البيوسفير (مجموعة الكائنات الحية) يحرك أيضاً كميات هامة من الماء. فالماء يشكل في الواقع أحد العناصر الرئيسية التي تتكون منها المادة الحية، والتي تصل نسبة الماء فيها بشكل عام إلى حوالى 70%، ويمكن أن تتجاوز الـ 95% لدى المدوس (جنس حيوانات هلامية بحرية يضيئ في الليل). تسبب حرارة الشمس تبخر مياه المحيطات والمياه السطحية، إضافة إلى تعرّف الكائنات الحية وتبخر مياه التعرّق (تبخّر نتحي). بالإجمال، أكثر من 000 1 مليار طن من الماء تتحول يومياً إلى بخار وترتفع في الجو بشكل غازي. يأتي هذا التبخر، في غالبيته المطلقة، من المحيطات، لكن أوراق النباتات تطرح كذلك في الجو كتلاً كبيرة من الماء.

يرتفع بخار الماء في الجو وفقاً لاتجاه التيارات الجوية والرياح. وعندما يبرد، يتكاثف بشكل قطرات صغيرة ويولد الغيوم أو الضباب. في بعض الغيوم، وخاصة في السمحاق الطبقي، يتخزن الماء بشكل بلورات من الثلج. وما تلبث قطرات الماء أن تتضخم ويزداد وزنها داخل الغيوم. وتحت تأثير الجاذبية تتساقط بشكل أمطار أو ثلوج أو بَرَد، إذا انخفضت درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي. إن حجم المتساقطات ووتيرتها وشدتها ترتبط بالمكان

تلعب النباتات دوراً كبيراً في دورة الماء.

وبالفصول. تكون المتساقطات أقل من التبخر في المناطق ما دون المدارية الجافة وفي المناطق القطبية. نجد المتساقطات الأشد غزارة عند مستوى خط الاستواء، وبقياس أقل، في المناخات المعتدلة الأوقيانية. وبشكل إجمالي، يعود حوالى 10% من الماء المتبخر من سطح المحيطات إلى الأرض بشكل ماء عذب.

يبقى جزء من الماء الذي يتساقط على اليابسة على سطح الأرض. يمكن أن يركد فيها - في بركة مثلاً - أو أن يسيل على المنحدرات ليشكّل سواقٍ وجداولاً وأنهاراً قبل أن يصل إلى البحر. وتحت تأثير الجاذبية، ينجح قسم آخر من الماء بالتسرب عبر الفجوات في الأرض (شقوق كلسية) أو عبر المسام في بعض الصخور (الصلصال الرملي المسامي). إن الصخور السطحية، المشبعة بالماء



تؤثر النباتات محلياً على دورة الماء. تخفف كمية السيول بحصرها جزء من مياه الأمطار وتؤمن تغذية حقول المياه الجوفية بواسطة التسرب. تزداد السيول على الأرض الجرداء (الصورة إلى اليمين).

تجف سريعاً بعد وابل من الأمطار. في الصحاري الحارة، يكون التبخر شديداً بحيث يتعذر على الماء البقاء في التربة. هناك جزء قليل جداً من المياه العذبة يتصرف به الإنسان، لأن القسم الأكبر من الاحتياطي موجود بشكل جليد في المناطق القطبية حصراً. يسمح التآكل الجليدي بعودة هذا الماء المجمّد إلى دورة الماء، لكنه بطيء جداً.

تستطيع النباتات أن تستمد الماء حتى عمق عدة أمتار بواسطة جذورها - وهي تسرّع في فصل الصيف عودة الماء إلى الجو. إنها ظاهرة ذات أهمية كبيرة: فهكتار واحد من الغابات يستطيع أن يمتص عدة ملايين من أطنان الماء في السنة. إن إعادة توزيع الماء في الطبقة المائية الجوفية بطيئة ومنتظمة، حتى على أرض منحنية.

في حال عدم استعمال الماء من قبل النباتات، فإنها تنجذب إلى الأعماق حتى تلتقي بطبقة أرضية غير منفذة. وانطلاقاً من عمق 30 متراً، تظل التربة المنفذة مشبعة بالماء بشكل دائم. تتكون طبقة جوفية بشكل تدريجي وتعرف بحقل المياه الجوفية أو الحقل الذي يحتوي على ماء.

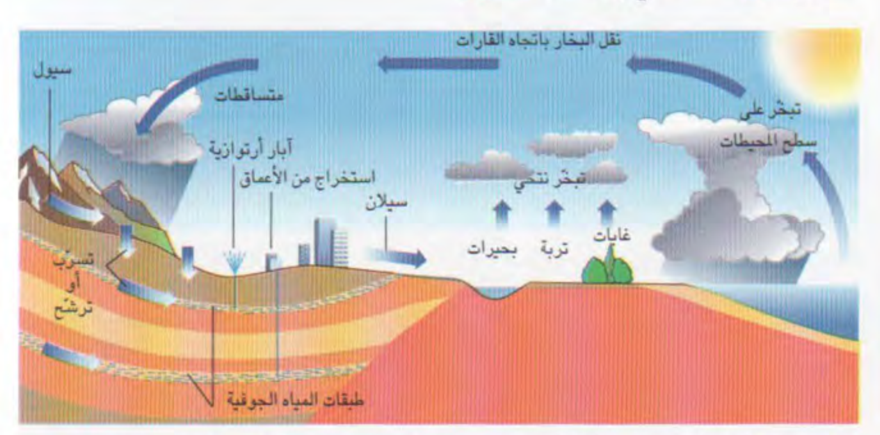
تتحرك المياه فيه ببطء تحت تأثير الجاذبية وتذهب لتغذي الينابيع ومجاري المياه. يطلق على المستوى الأعلى لحقل المياه الجوفية اسم المستوى الهيدروستاتي (أو المستوى المعصاري). تتكون الينابيع، وكذلك الواحات والبحيرات المنقعية عندما يلامس المستوى الهيدروستاتي سطح الأرض: عندئذ ينضح الماء أو يتدفق. إن الآبار التي توجد «فوهتها» على سطح الأرض إلى أسفل المستوى الهيدروستاتي (إلى الأسفل على المنحدر) هي آبار أرتوازية: يتدفق منها الماء تحت تأثير الضغط. ■

هل تعلم؟

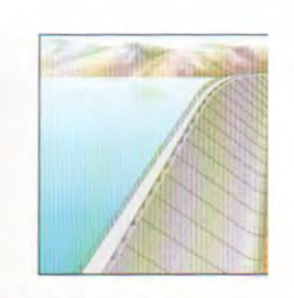
على عكس الاعتقاد السائد، لا تتكيف كمية المياه المتوفرة في منطقة معينة للزراعة بأهمية المتساقطات. فالترشيح المرتبط بالظروف المناخية المحلية (درجة الحرارة، الرياح...) هو ثابت بذات الأهمية. وهكذا، فالمتساقطات على الواجهة الغربية لأوروبا، في كامارغ وفي بعض المناطق الصحراوية من أفريقيا ما دون الصحراء لها معدلات متقاربة: من 500 إلى 600 ملم سنوياً. في المقابل، يمكن للتبخر في الفصل الحار أن يبلغ عشرة أضعاف معدله في منطقة الساحل أو في أوروبا، مما يولد عجزاً مائياً شديداً جداً.

أرقام

- يقدر حجم مياه المحيطات بـ 1,35 مليار كيلومتر مكعب، وهذا يشكل 97,4% من الحجم الإجمالي للماء.
- تحتل المياه العذبة 2,6% فقط من الحجم الإجمالي للماء، القسم الكبير منها (2,01%) مثبت في الأراضي الجليدية. يتوفر جزء قليل جداً منها فقط (0,01% من الحجم الإجمالي) للأنشطة البشرية.
- إن الكتلة المائية الصالحة للاستعمال فعلياً من قبل الإنسان هي أقل من ذلك بكثير وهي تتمثل بشكل رئيسي في مجاري المياه التي تعبر المناطق المأهولة. تقدر قيمتها بـ 9 000 كلم مكعب سنوياً.
- يمثل بخار الماء الموجود في الجو 0,001% من الحجم الإجمالي للماء. وإذا تكثف، لما تعدى متوسط ارتفاعه 3 سم عن سطح الأرض.



يمكن لمياه الأمطار أن تتبخّر فوراً أو أن تركد في البحيرات، لكن الجزء الأساسي منها يتسرب ويجري. تعود هذه المياه بعد ذلك، بواسطة التبخر أو ترشّح النبات، إلى الجو لتشكل بخار الماء.



الطاقة المائية الكهربائية

منافع السدود وسيئاتها

بغية تحويل الطاقة المائية إلى كهرباء، يتم بعزم بناء معامل مائية كهربائية لإنتاج الكهرباء، معروفة بكونها غير ملوّثة. لكن سدود حصر المياه الضخمة، تقلب الأنظمة البيئية.



يسمح سد إيتايبو الضخم، المشاد على مجرى نهر بارانا في البرازيل، بإنتاج 70 مليار كيلوواط ساعة سنوياً، أي ما يعادل كل الإنتاج الفرنسي.

كانت الطاقة المائية تستعمل قديماً لتدوير الطواحين. وفيما بعد، تحولت إلى طاقة مائية كهربائية، فأصبحت تزود 18% من الكهرباء في العالم. بغية استغلال هذه الطاقة، يتم بناء سد يعترض مجرى الماء. تتخزن كميات المياه في عالية النهر ضمن بحيرة تخزين. وعند فتح الصمّامات، يتم توجيه المياه ضمن أقنية حتى تصل إلى المعمل المائي الواقع في مستوى أدنى. يؤدي الضغط والسرعة إلى تدوير توربين مقترن بمنوّب (مولد تيار متردد). يمر التيار المتردد المولَّد عبر محول يرفع جهده ليسمح بنقله عبر خطوط التوتر العالي. تعود المياه إلى أنهر عبر قناة تسريب.

بقطعها لمجاري المياه، تحوّل السدود الوسط الطبيعي.

إن حجم المنشآت متغير. فالأكثر ضخامة منها تشغّل معامل ذات قدرة تصل إلى عشرات آلاف ميغاواط، لكن يوجد كذلك معامل صغيرة جداً تستغل مباشرة قوة التيار دون الحاجة إلى تخزين الماء. في كل الحالات، تكون الطاقة المقدمة «نظيفة» (دون فضلات أو انبعاثات في الجو) ويمكن تجديدها، ولكن لها أثرها على البيئة.

إن بحيرة التخزين، التي تحظى أحياناً بقيمة جمالية - وحتى سياحية - تغمر في أغلب الأحيان، مناطق ذات قيمة تراثية، أو طبيعية، أو ثقافية. إضافة إلى ذلك، تشوّه السدود والمعامل الموقع إذا لم يؤخذ اندماجها في المشهد الطبيعي بعين الاعتبار خلال بنائها.

فضلاً عن ذلك، يؤدي المشروع المائي

توضيح

في المغرب، حيث بنيت عدة سدود، يهدد التوحّل تجمعات الماء المخزون التي يقتطع منها كل عام حوالى 50 مليون متر مكعب. يمكن أن تبلغ خسارة القدرة حوالى 150 مليون متر مكعب سنوياً حتى عام 2030. تعود هذه الظاهرة إلى تآكل نتوءات الأحواض المنحدرة المتضررة كثيراً من إجتثاث الأحراج.

أرقام

- إذا أخذنا اختلافاً في المستوى يبلغ 200 ام بين بحيرة التخزين والمنوّب، فإن منسوب ام3 يولّد تقريباً 000 10 كيلو واط.
- يتوزع الإنتاج الكهربائي المائي السنوي في العالم (بمليارات كيلوواط ساعة)، كما يلي:
600 في آسيا، 570 في أميركا الشمالية، 390 في أميركا اللاتينية، 580 في أوروبا، 220 في الاتحاد السوفياتي السابق، 78 في أوقيانيا، و52 في أفريقيا.

الكهربائي، ولو كان متواضعاً، إلى تحوّل في الأنظمة البيئية. فالسدود تجمّد هجرة بعض الأنواع مثل أسماك الشابل (سمك يشبه السردين يتوالد في المياه العذبة) أو الأنقليس، أو الحفش (جنس من الأسماك يصنع من بيضه الكافيار)، أو السلمون، وتخلخل وصولها إلى مناطق توالدها أو تشوّش نمط تغذية الأنواع التي تقيم في منطقة ولا تفارقها. إن تغيير الوسط يؤثر على الثدييات المائية مثل ثعلب الماء أو القندس.

ينعكس تغيير نظام مجرى مائي كذلك على نقل الرسابة.

وهكذا، فإن انتشار الطحالب السامة في البحر الأسود يعود بشكل خاص إلى انخفاض في الإمداد بالرسابة، التي جمدتها السدود المقامة على نهر الدانوب، المعروفة بالدبير والدنيستر. عند عالية السد، تتراكم الرسابة حيث يشتد توحل مسطح الماء، في المناخات الجافة بفعل التبخر. في المياه الراكدة، تقل الأكسدة كما أن تخفيف الأملاح المغذية والملوثات لا يتم بشكل جيد. فتكون النتيجة تنامي الطحالب والمعشبات، في حين تختفي بعض الأنواع الحيوانية. صحيح أن مسطحات الماء الاصطناعية يمكن أن تقدم لطيور الماء محطات جديدة لتمضية فصل الشتاء، والطيور المهاجرة محطات استراحة، لكن يلاحظ غالباً على ضفاف بحيرة تخزين الماء وعلى مهبط النهر انخفاضاً في عدد الأنواع النباتية تعاني منه الأنواع الحيوانية.

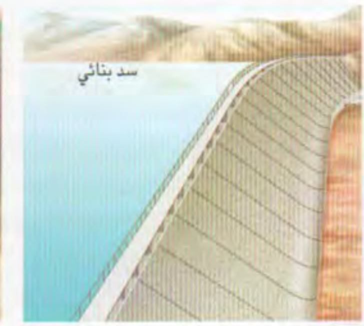
يمكن التخفيف من كل هذه العقبات بإجراءات مثل الإبقاء الاصطناعي على منسوب أدنى (يعرف بالمنسوب المحجوز)، إقامة أحواض ترسيب مؤقتة لاحتجاز الرسابة خلال تفريغ المخزون، أو إقامة مشاتل على الضفاف تتيح الحفاظ على الحياة الحيوانية.

في أوروبا، استقر استهلاك الكهرباء، وأصبحت القدرة المائية الكهربائية تُستغَل بنسبة 70%. كما أن تغطية الحاجات مؤمنة بشكل واسع في كندا والولايات المتحدة (وهما على التوالي أول وثاني منتج للطاقة المائية الكهربائية في العالم). في المناطق الأخرى، ما زالت «الحقول» المائية الكهربائية غير المستغلة شاسعة. وقد بوشر ببرامج بناء هامة في أميركا اللاتينية وآسيا.

عام 1991، صوّت مجلس النواب الصيني على مشروع فرعوني يقضي ببناء سد المضائق الثلاثة (ارتفاعه 185 متراً وطوله 150 2 متراً)، على نهر يانغزي جيانغ؛ وسوف يقدم عام 2009 قدرة متاحة تبلغ 700 18 ميغاواط (بفضل 26 مجموعة منوبة عنفية)، تلبي الحاجات الكهربائية لشرق الصين ووسطها، وسوف تسمح باقتصاد 40 إلى 50 مليون طن من الفحم في السنة. لكن بناء بحيرة التخزين (000 1 كلم^2) سوف تغمر 13 مدينة، و500 4 قرية و108 موقعاً أثرياً، وسوف تستوجب تهجير 2مليون نسمة... في الهند، حيث يتم بناء عدة سدود حالياً، ستبلغ زيادة الإنتاج نسبة 70%، عند انتهاء البناء. أما بالنسبة لأفريقيا، فإنها تمتلك قدرة مائية كامنة كبيرة. وفي أفريقيا السوداء، بالكاد 10% من المساكن موصولة إلى الشبكة الكهربائية. إن النمو الاقتصادي سوف يمر بلا شك عبر الإنتاج المائي الكهربائي. ■

هل تعلم؟

إن أسماكاً مهاجرة عديدة مثل الأنقليس أو التروتة، تتنقّل بين المياه العذبة والبحر لإتمام دورتها البيولوجية. توجد «مصاعد للأسماك» تسمح لها باجتياز السدود. تُرفع السمكة، التي تُحتجز في قمع، إلى المستوى الأعلى، حيث تُطلق.







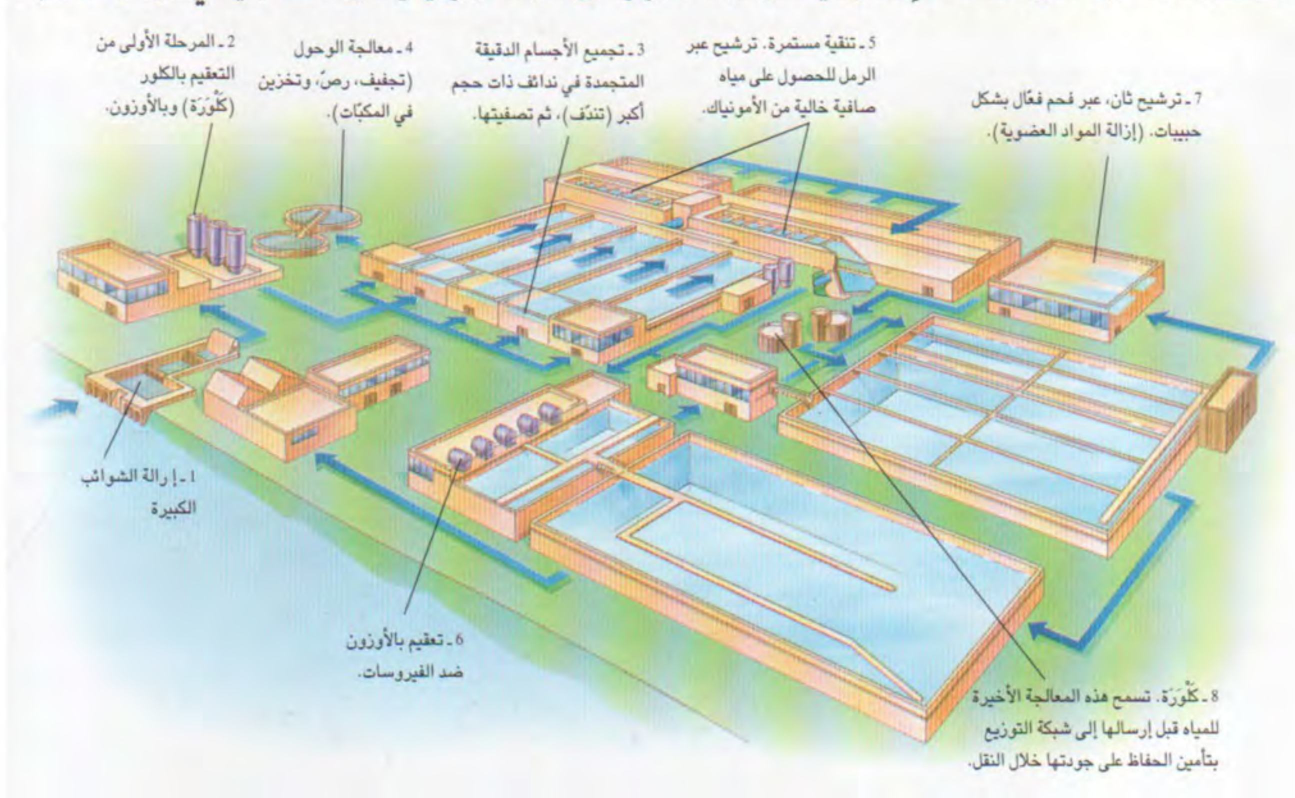
توجد أنواع عديدة من السدود، مبنية برصف الحجارة (إلى اليسار) أو بالاسمنت. من بين هذه الأخيرة يمكن تمييز السدود البنائية (إلى اليمين)، الثقيلة والثابتة، والسدود المعقودة أو المقببة (في الوسط) التي تنقل القوة المائية الدافعة نحو الحافة.



موارد المياه العذبة

شح وتدهور نوعيينْ

إن موارد المياه العذبة تتبدد كونها تُستنفذ للريّ وللصناعة وللاستعمالات المنزلية، وكونها تتلوث أيضاً بسبب الفضلات الناتجة عن أنشطة الإنسان. يمكن لهذه الموارد أن تتجدّد جزئياً ولكن ذلك لا يعني أنها لا تنضب.



تنتج محطات معالجة المياه ماء صالحاً للشرب (في فرنسا، يصل الإنتاج السنوي إلى 4,5 مليار متر مكعب). يستفيد من هذه المياه الأفراد، والمحافظات والأقضية والصناعيين

تتوقف الحياة بشكل عميق على المياه. لا تشذ المجتمعات الإنسانية عن هذه القاعدة. لكن المياه العذبة المتوفرة والصالحة للاستعمال والتي تشكل فقط 0,6% من الموارد المائية، موزعة بشكل غير متساو على سطح الأرض. لا تمتلك البلاد الجافة والمتوسطة الجفاف إلا 2% من الاحتياطيات الإجمالية، ويفتقر أكثر من 1,5% مليار نسمة إلى المياه العذبة.

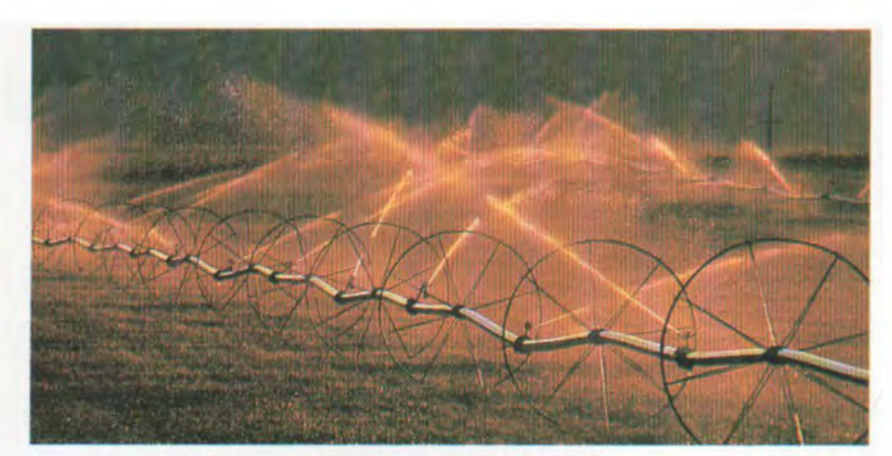
ومع أن الماء يتجدد، فإنه ليس بمعزل عن النضوب. لقد زاد استهلاك الماء عشر مرات خلال القرن الماضي، مما خلق حالة من الشح تطال جدياً حوالى 30 بلداً، خاصة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وفي

زاد الطلب على المياه عشر مرات خلال قرن واحد.

منطقة الساحل. أما هدر المياه في البلدان الصناعية فكبير. على المقياس العالمي، تعتبر الزراعة مسؤولة عن 73% من اقتطاعات الماء، و21% تعود إلى الصناعة في حين أن 6% فقط من الماء تستهلكها الاستعمالات المنزلية. وفي حين أن الصين أو الهند أو المكسيك تخصص للري 90% من المياه المستخرجة، فهناك بلدان معتدلة مثل فرنسا لها احتياجات معتدلة: ففي عز الصيف، لا تشكّل الزراعة إلا نصف الاستهلاك. يأتي الإنتاج الزراعي في بلد كمصر عملياً من الأراضي المروية بنسبة 100%.

هناك جزء هام من مياه الري يستمَد من طبقات المياه الجوفية. هذه الأخيرة تتجدد بصعوبة وهي تميل إلى النفاذ. وهكذا فإن مستوى الطبقة الموجودة في الحوض الارتوازي الكبير في أستراليا قد انخفض 120م خلال أربعة أجيال. كما أن شمال شرق أفريقيا، وتكساس، والصين الشمالية أو سهول الهندوس تتأثر كثيراً بهذه الظاهرة.

فضلاً عن ذلك، تسحب الصناعة كميات



على المستوى العالمي، 16% من الأراضي الزراعية تستفيد من الري. وهي تعطي ربع الإنتاج الزراعي.

متصاعدة من المياه، لتعود فتردها بعد ذلك محملة بالنفايات. إن التلوث الصناعي على نطاق واسع كان يشكل بالأمس حصة البلدان الصناعية، وها هو اليوم يصيب البلدان الفقيرة، فهذه الأخيرة ترث في الواقع الأنشطة الأكثر تلويثاً، والتي تُمَارَس في غياب أية مراقبة، ودون التمكن من تقبّل الجهد اللازم لإزالة التلوث.

يُسحب الجزء الأكبر من الموارد المائية للري.

إن تلوث مجاري المياه والبحيرات والطبقات الجوفية يظهر بأشكال متعددة - معادن ثقيلة، مواد سامة، مواد عضوية هيدروكربور... أما الأكثر حدة منها فتكون عرضية. لقد أدى حريق مؤسسات ساندوز الذي اندلع عام 1986 في بال إلى تدفق 30 طن من مبيدات الحشرات السامة في نهر الران. إن تذويب التربة أو إسقاطات الملوثات الصناعية الجوية (أمطار حمضية) تسبب تلوثاً أكثر انتشاراً.

إن التلوث ذا المصدر المُدُني أو الزراعي يزداد، كما أن التطهير، الذي يخفف مضرة التدفقات المُدُنية، غير كاف، خاصة في البلدان النامية. يلاحظ ارتفاع نسب النيترات (أسمدة تحتوي على الأزوت، فضلات التربية المكثفة) ومقاومات الطفيليات حتى في طبقة المياه الجوفية. يمكن لهذا التدهور أن يترك أثراً كبيراً على الصحة العامة. ما زال الأترازين، وهو مبيد للأعشاب يُعتقد أنه مسبب للسرطان، يستعمل في بعض البلدان. إن الزئبق الذي يستعمل لمزج الذهب هو سام جداً في الأنهار. أما النيترات فهي ضارة للغاية للأولاد الصغار. إضافة إلى ذلك، تحمل المياه المبتذلة عدة أمراض خمجية - تيفوئيد، كوليرا، إسهال. أمام ضرورة إزالة التلوث من ماء الشرب، وضعت منظمة الصحة العالمية معايير صحية أكثر صرامة. أصبحت معالجة المياه إذن أكثر كلفة. إضافة إلى ذلك، إن تلوث طبقات المياه الجوفية هو قابل للانعكاس بصعوبة كما أن الأضرار اللاحقة بالأوساط المائية تزول ببطء شديد.

إن عالم الحيوانات المائية سريع التأثر بتحمض مجاري المياه (الأمطار الحمضية) أو بارتفاع الملوحة (الاستثمار المنجمي). تتركز بعض الفضلات السامة، مثل الزئبق، بشكل تدريجي بالانتقال من حلقة إلى حلقة أخرى ضمن السلسلة الغذائية - من الماء إلى النباتات ثم إلى عالم الحيوان. وعلى خط موازٍ، يسرّع الإمداد المفرط بالمواد المغذية (نيترات وفوسفات) النمو الغذائي - أي انتشار النباتات يليه اختناق كل حياة - في المياه الراكدة أو المياه ذات المنسوب الضعيف.

إن الانشغالات الصحية والبيئية وتلك المرتبطة بجهوزية المياه تلتقي. تستدعي الإدارة الرشيدة للموارد تغييراً عميقاً للعادات الفردية والزراعية والصناعية. إن الثروة المائية قد مُسّت كثيراً... ■

هل تعلم؟

يعتبر التسرب في شبكات توزيع المياه مصدراً هاماً للهدر. فحنفية مياه واحدة تسرب الماء تخسر ما معدله 100 ليتر من المياه يومياً! في فرنسا، يضيع حوالى 25% من المياه بهذه الطريقة قبل وصولها إلى المستهلك. في القاهرة كما في تجمعات المدن الكبرى في البلدان النامية، يتعدى الهدر نسبة 50%.

توضيح

إن حالات التسمم بالزرنيخ في بنغلاديش هي في تصاعد. ووفقاً لمنظمة الصحة العالمية، أكثر من مليون شخص مصابون بالعدوى، و20% منهم يعانون من أعراض خطرة. فهناك أعداد كبيرة من الآبار المحفورة للتخفيف من استهلاك مياه البرك والأنهار التي تشكل ناقلاً للأمراض الخمجية، تظهر بشكل طبيعي، تركيزاً شديداً للزرنيخ. في البيرو، أدى ارتفاع سعر البترول المخصص للاستعمال المنزلي، عام 1990، إلى ظهور وباء الكوليرا الخطير، حيث أن سكان الأحياء المعدمة لا يملكون الوسائل لغلي الماء قبل استعمالها.

أرقام

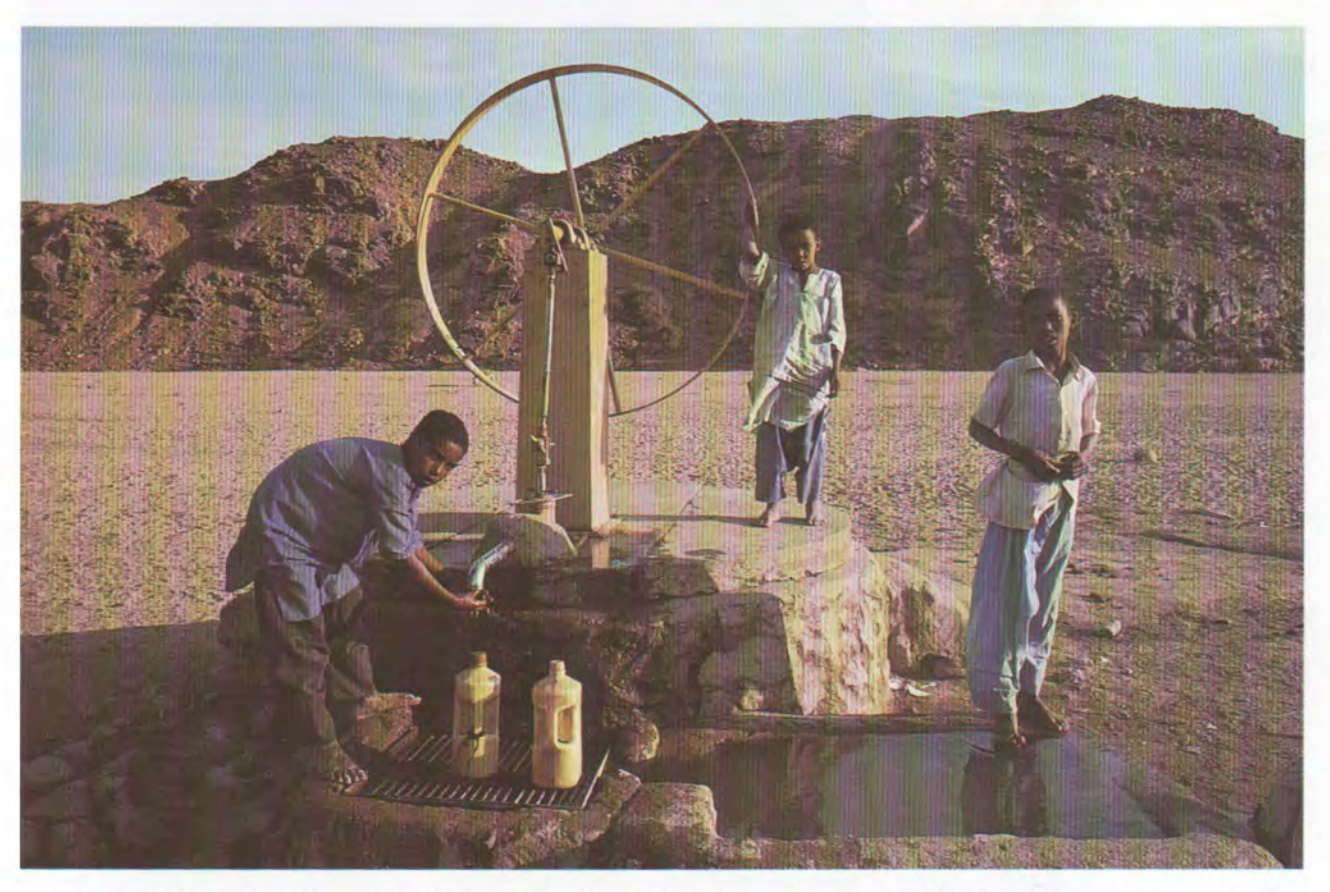
- عام 1990، بلغت مساحة الأراضي المروية 235 مليون هكتار (16% من الأراضي الزراعية في العالم).
- يلزم 10 ليترات من الماء لتكرير 1 ليتر من البترول، و250 ليتراً لإنتاج 1 كلغ من عجينة الورق، و500 ليتر لكلغ واحد من الصلب و000 1 ليتر لإنتاج بيضة واحدة (من الماء الذي تشربه الدجاجة إلى الماء اللازم لإنتاج غذائها) و500 4 ليتر لإنتاج 1 كلغ من الأرز.
- تقدر الحاجات الفيزيولوجية اليومية من الماء بـ 3 ليترات للشخص الواحد.
- لا يتعدى متوسط الاستهلاك اليومي للماء 5 ليترات للشخص الواحد في مدغشقر، ويبلغ في فرنسا 150 ليتراً.
- تؤدي الأمراض الناتجة عن استهلاك المياه غير الصالحة للشرب في البلدان الفقيرة إلى وفاة ما بين 10 و20 مليون نسمة، كل سنة.



الماء مصدر نزاعات

نحو إدارة دولية

لا يعرف البحر ولا المياه الموجودة على اليابسة الحدود. إنها موارد جماعية تثير الكثير من الأطماع. إن استعمالات الماء حيوية وهي تولد نزاعات تقاس بهذا الحجم.



إن الحصول على الماء العذب يعتبر رهاناً حيوياً في المناطق الصحراوية. ففي منطقة الصحراء الكبرى، تندر النقاط التي تسمح بالتزود بالمياه. تقع هذه البئر في واحة تيميا في النيجر، لذلك فإنها تشكل ثروة نفيسة جداً.

شكلت المياه دائماً رهاناً استراتيجياً كان في مركز نزاعات إقليمية عديدة. فالوصول إلى البحر أو السيطرة على المياه القارية أهداف قد تخول بلداً التمتع بتفوق هام على المستويات الاقتصادية والعسكرية.

لقد تنازع الإنكليز والإسبان على مدى قرون في السيطرة على مضيق جبل طارق. إن فتح ممرات بحرية جديدة يؤمن تجارة مزدهرة. وبعد قرن ونصف من ذلك، ما زال الرهان الاقتصادي قائماً لكنه انتقل إلى أراضي جديدة. فتأميم قناة السويس من قبل العقيد عبد ناصر عام 1956، أدى إلى أزمة بترولية خطيرة. منذ النصف الثاني من القرن العشرين، خضعت

يضاعف النقص في المياه العذبة، النزاعات حول استعمالها.

الملاحة واستغلال البحر إلى قوانين دولية. يعود تاريخ اتفاقية الأمم المتحدة حول قانون البحار إلى العام 1982: فهي تحدد المياه الداخلية والإقليمية، وتضع إطاراً لحق مرور البواخر الأجنبية قرب شواطئ دولة ما، وتنظم الحركة في المضائق الدولية. ومع ذلك، فإن النزاعات حول الاستعمال لم تتوقف. هناك حوادث متكررة تقع بين صيادي الأسماك الفرنسيين والإسبان. كما أن صيد سمك الراقود (سمك مفلطح يعيش في المياه

توضيح

- عام 1958، حددت اتفاقيات جنيف حقوق الدول المجاورة للمسطح القاري والمجالات البحرية.
- عام 1970، وضعت الجمعية العامة للأمم المتحدة مبدأ الاعتراف بالأعماق البحرية الموجودة خارج إطار السلطات القضائية الوطنية، كـ «ثروة إنسانية مشتركة».
- وقعت الاتفاقية حول قانون البحار عام 1982 من قبل 117 دولة.
- عام 1997، تبنت الأمم المتحدة اتفاقية حول الحق المتعلق باستعمالات مجاري المياه الدولية لحاجات مختلفة عن الملاحة.

فرديناند دوليسبس (1805 ـ 1894).
فيكونت ودبلوماسي فرنسي، قام بحفر قناة السويس عام 1869، ثم باشر بنفس المشروع في بنما دون نجاح عام 1881. أدى فشل مشروعه إلى قيام فضيحة سياسية ومالية. منذ ذلك الوقت، أصبحت هاتان القناتان في قلب نزاعات عديدة، وما زالت أهميتهما الاقتصادية قائمة حتى يومنا هذا.

الباردة) في البحر المقابل لكندا أثار حرب أعصاب حقيقية بين هذا البلد والاتحاد الأوروبي، انتهت أخيراً باتفاق عام 1995.

كانت المياه العذبة تستعمل في الماضي كسلاح لإسقاط قلعة محاصرة: كان يتم تعطيش السكان أو تسميم الآبار. واليوم أصبحت السيطرة على الطبقات المائية ومجاري المياه مصدراً لنزاعات دولية. إنه موضوع بالغ الحساسية بالنسبة لبلدان الشرق الأوسط التي تواجه نقصاً شديداً في المياه العذبة. فحوض دجلة والفرات يشكل موضوع نزاع كبير. إن بناء سد أتاتورك على نهر الفرات، والذي تم تدشينه عام 1992 من قبل الأتراك، أثار ردود فعل عنيفة من قبل البلدان المجاورة، لأن مشاريع الري وإنتاج الطاقة المائية الكهربائية المقامة في أعلى النهر لها آثار كبيرة على سافلته. إن تقاسم المياه يكون دائماً مرتبطاً بتوافق صعب: فالمعاهدات المتعلقة بتقاسم مياه نهر النيل بين مصر والسودان قد تم التفاوض حولها ثلاث مرات بين عامي 1929 و1959. ولم يتردد الرئيس المصري السابق أنور السادات في التأكيد بأن المياه هي السبب الوحيد الذي يمكنه حمل مصر على الدخول في الحرب.

في آسيا، قللت المشاريع التي أقامتها الهند (بناء سد فاراكا وتحويل مياه نهر الغانج) موارد المياه العذبة ومياه الري لبنغلاديش. واليوم تم حل النزاع الذي دام عشرين عاماً بين الدولتين، لكن النظام البيئي الخاص بالمنغروف (شجر استوائي تنبثق من أغصانه جذور جديدة) قد تضرّر بشكل كبير. وفي أميركا اللاتينية تنازع سكان البيرو والإكوادور مؤخراً حول ملكية منابع نهر سينيبا.

ومع أن أوروبا تنعم جيداً بالماء بشكل إجمالي، فإن هشاشة هذا المورد في البلدان المتوسطية كانت تاريخياً مصدر توترات. واليوم يعترض البرتغال على حق إسبانيا في القيام باقتطاعات هامة جداً من مياه التاج والدورو. حتى في إسبانيا، يساور المناطق الأكثر غنى قلق من تحويل مواردها لصالح مناطق الجنوب، التي تواجه منذ عام 1980 عجزاً خطيراً في معدل سقوط الأمطار.



تطلّب حفر قناة بنما، التي تصل بحر الأنتيل بجنوب المحيط الأطلسي، عملاً جباراً.

هل تعلم؟

أبعد من المشاكل السياسية والعقائدية والدينية، لعبت المياه دائماً دوراً حاسماً في النزاعات بين إسرائيل والدول العربية المجاورة. وعاكست التوصل إلى حل للنزاعات الإقليمية حول اليهودية والسامرة وهضبة الجولان، التي تحتوي على موارد مائية تعتبرها إسرائيل حيوية بالنسبة لها. ما زالت المفاوضات حول المياه، في إطار عملية السلام بين إسرائيل والفلسطينيين حساسة جداً: أقر اتفاق وقع عام 1995 تقاسماً غير عادل للطبقات المائية في الضفة الغربية: 82% لصالح الإسرائيليين و 12% فقط لصالح الفلسطينيين.

حتى عندما تتوافر المياه بكميات كافية، تظهر مشاكل متعلقة بإدارتها النوعية. وهكذا عندما أقام السلوفاكيون تحويلاً لنهر الدانوب بغية تشغيل محطة جابسيكوفو عام 1992، قلقت هنغاريا القريبة جداً من الآثار البيئية المترتبة على ذلك.

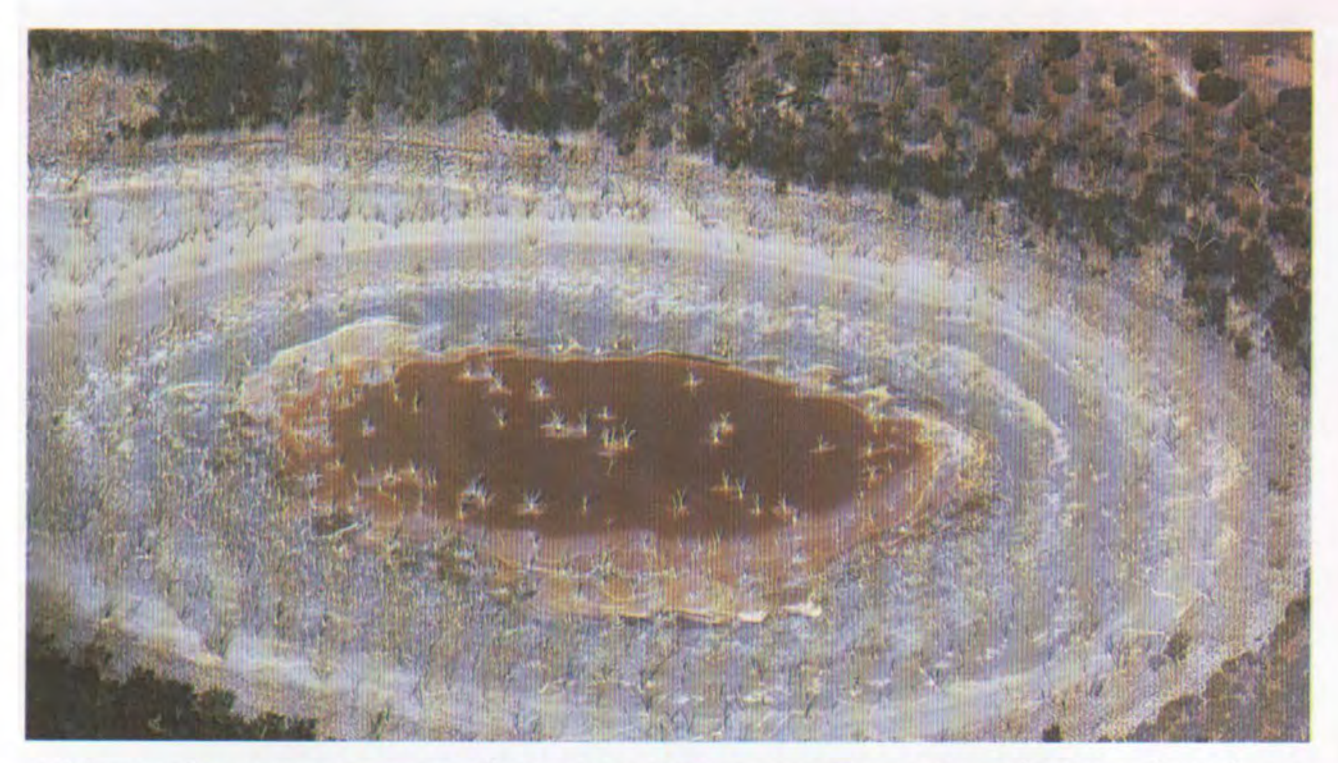
إن مجاري المياه هي غالباً ثروات مشتركة بين عدة بلدان: فنهر الراين يغذي بالمياه الصالحة للشرب أكثر من 28 مليون نسمة في أوروبا: وكلهم يعانون من استعمال صناعي مفرط يؤدي إلى تلويث النهر. انطلاقاً من هذا الواقع، تكونت لجنة دولية هدفها تحسين نوعية المياه. إن النتائج التي توصلت إليها هذه اللجنة واعدة. لكن الإدارة الدولية للمياه تظل صعبة التطبيق لأن مصالح الدول لا تلتقي دائماً. لقد وضعت منظمة الأمم المتحدة، مرات عديدة، برامج مراقبة التلوث في بلدان نامية. في أفريقيا، حُدِّد بشكل خاص برنامج إدارة متفق عليها للزامبيز، وهو يعتبر مثلاً يحتذى... ■



المياه والتربة

تجفيف وتمليح

يستخدم الري وتجفيف الأوساط الرطبة تقنيات تقليدية لتوسيع رقعة الأراضي الزراعية. لكن هذه التقنيات المستعملة دون حيطة، تشكّل أساساً لعملية تصحّر.



في غرب أستراليا، أدى استصلاح الأراضي المكثف إلى ارتفاع طبقة المياه الجوفية والملح نحو سطح الأرض، مما سبب تكوين مستنقعات قاحلة ذات مياه مالحة. إن التمليح، الذي يصيب 10% من مساحة الأراضي الصالحة للزراعة اليوم في شرق الإقليم وجنوبه - أي 1,8 مليون هكتار - يمكن أن يمتد إلى 40% من هذه المساحة، من الآن وحتى عدة عقود.

منذ قرون عديدة، يتم تجفيف المناطق الرطبة (مستنقعات قارية أو ساحلية، منغروف، بحيرات شاطئية ضحلة، مصبّات الأنهر) بغية الحصول على أراض زراعية جديدة وتطهير المستنقعات غير الصحية، بهدف تحسين التربة. تم الوصول إلى أعلى درجات الإتقان في هذا المجال في هولندا، حيث سمح جهد دام عدة قرون بإيجاد «بلدرات» أي شبكة أراضي واسعة مستصلحة في البحر ومقسمة إلى مربعات من السدود والأقنية لتصريف المياه. يمكن لتصريف المياه أن يتناسب مع عدة أهداف. في جنوب أوروبا، سمح ذلك بتحسين الظروف الصحية (كانت المستنقعات التي تعج بالناموس بؤراً لمرض الملاريا) والحصول على أراض زراعية جديدة. فضلاً عن ذلك، يسمح تنظيم الأنهار أو المسطحات المائية بزيادة موارد مياه الري.

إن الري، المستخدم منذ قرون عديدة، قد تطور بشكل كبير خلال النصف الثاني من القرن العشرين. لقد أصبح يمثل حوالى 70% من الاستهلاك العالمي للمياه. تستمر الأراضي المروية بالاتساع سريعاً في البلدان التي تتميز بنمو سكاني كبير، لأسباب تتعلق بالاكتفاء الذاتي الغذائي. لكن التجفيف الذي يخرج غالباً عن المراقبة مسؤول عن جفاف البحار الداخلية ومجاري المياه، وعن انخفاض مستوى طبقة المياه الجوفية وارتفاع نسبة الملوحة في الأراضي.

يتركز الملح على سطح الأراضي المروية.

اليوم يتعرض أكثر من نصف المجاري

أرقام

- عام 1990، بلغت مساحة الأراضي المروية 235 مليون هكتار (16% من الأراضي الزراعية في العالم) ومساحة الأراضي المجففة 150 مليون هكتار.
- وفي نفس السنة، قدرت مساحة الأراضي المجدّبة بالملح بأكثر من 60 مليون هكتار، ثلثها تقريباً موجود في الهند.
- ري الأراضي بـ 10 000 م3 للهكتار الواحد سنوياً يعني مدّها بكمية من الملح يتراوح وزنها بين 2 و3 طن.
- بين عامي 1973 و1990، اختفت مساحة تتراوح بين 35 000 و60 000 هكتار من مستنقع بواتوفان بهدف إقامة الزراعات الموسمية (أو الزروع).

المائية الرئيسية في العالم (والتي يبلغ عددها حوالى الـ 500) للتلوث وهي مهددة بالجفاف، خاصة في الصين (هوبانغ هي)، وفي آسيا الوسطى (أمو - داريا وسير - داريا) وفي الولايات المتحدة (كولورادو) وفي أفريقيا (النيل). تؤدي تقنيات الري التقليدية، القليلة الفعالية إلى تبخر مفرط في بحيرات التخزين والأقنية المكشوفة في الهواء الطلق. كما أن جزءاً كبيراً من المياه يضيع في التربة بالتسرّب. بالإجمال، يقدّر أن ثلث المياه المستخرجة، على المستوى العالمي، يُستعمل فعلياً في نمو النباتات المزروعة.

إضافة إلى ذلك، يتأثر مردود الزراعة بملوحة التربة ويظهر هذا التأثير على عدد من الأراضي المروية. إن هذه الظاهرة ليست بجديدة. فالأراضي الزراعية الغنية في بلاد ما بين النهرين والمهجورة منذ 5 000 سنة، ما زالت مغطاة بطبقة من الملح. إن تدهور التربة يظهر خاصة في المناطق نصف الجافة والجافة وهو يكون أكثر حدة كلما كانت نسبة الأملاح الطبيعية في مياه الري مرتفعة. وهكذا فإن نهر الفرات يجتاز أراض من عدة طبقات جيولوجية تحمل أملاحاً. ومن الجهة السفلى لواديه، أصبحت نصف الأراضي التي زرعت منذ سنوات قاحلة.

في الواقع، أن كل المياه التي تعرف «بالعذبة» هي مالحة قليلاً. يمكن لهذه الملوحة البسيطة أن تزيد إذا كانت الكميات المستخرجة من المياه الجوفية أو من المياه السطحية تزيد عن طاقة تجدد هذه المياه (الملح أكثر تركيزاً). في البلدان المتوسطية (إسبانيا، فلسطين)، انخفضت طبقات المياه الجوفية القريبة من الشواطئ إلى مستوى أدنى لدرجة أن مياه البحر اجتاحتها. كما أن مياه البحر يمكن أن ترتفع إلى عالية نهر ذي منسوب خفيف. وفي كل الحالات تصبح المياه غير صالحة للري. إن ارتفاع نسبة الأملاح وتكدسها في التربة المروية يزدادان في المناطق التي تعرف فصلاً جافاً يتميز بغياب المتساقطات وبتبخر نتحي شديد. في أغلب الأحيان، تتركز كذلك مواد سامة (زرنيخ، سيلينيوم...) في الطبقات السطحية، التي تصبح جدباء بشكل نهائي.

بلغت ظاهرة تملُّح التربة خلال العقود الأخيرة مدى مقلقاً. وهي تصيب حالياً عشرات ملايين الهكتارات في الهند والباكستان وأفريقيا الساحلية والولايات المتحدة والجزائر ومصر والعراق وأستراليا ومنطقة بحر آرال. توجد طرق لإزالة ملوحة التربة، لكن تطبيقها صعب ومكلف كثيراً.

أشارت اتفاقية رامسار (إيران) الدولية عام 1971 إلى الضرورة المطلقة للحفاظ على المناطق الرطبة - التي تأوي عالمَيْ حيوان ونبات شديدَيْ التنوّع - المضحّى بها بشكل متعمد باسم المصالح الاقتصادية.

اليوم، تلتقي المصلحة الاقتصادية مع المصلحة البيئية، فترتسم بالتالي سياسة إدارة المياه على المدى البعيد، وهي حتمية إذا أردنا الحفاظ على خصوبة التربة وبالتالي على الموارد الزراعية. ■

هل تعلم؟

عرف استخراج الملح من الملاّحات - فن استغلال ملح الملاحات - منذ العصور القديمة في البحر الأبيض المتوسط. تم توجيه مياه البحر نحو أحواض للتبخّر عبر أقنية. خلال فصلي الربيع والصيف، يتركز الملح تدريجياً مع تبخر المياه تحت تأثير الرياح والشمس.

توضيح

من الممكن أحياناً التخفيف من الملوحة الطبيعية لمجرى مائي أو مسطح مائي. سمحت الأشغال بتقليل نسبة الملح في مياه بحيرة طبريا (بحر الجليل) من 385 ملغ في الليتر إلى 240 ملغ في الليتر. للوصول إلى هذه النتيجة، كان كافياً تحويل بعض الينابيع المالحة التي كانت تغذي هذا البحر الداخلي.



حوالى ربع مساحة البلدان المنخفضة تقع تحت مستوى سطح البحر، وقد استصلح حوالى 6 400 كلم2 من البحر. تأوي «البلدرات» زراعة مزدهرة. إن شهرة سلالات البقر فيها مثلاً ترتبط باستغلال مروج مالحة.



موت بحر آرال

أسوأ كارثة بيئية

إنها اليوم حالة تصلح للتدريس في المدارس. خلال أربعين سنة تقلّصت إلى النصف مساحة بحر داخلي واسع لأن برنامج ري قضى بتحويل المياه التي كانت تغذيه. وكانت العواقب الاقتصادية والبيئية مفجعة.



سرّع انحسار مياه بحر آرال عملية تصحر منطقة تخضع أصلاً لمناخ جاف، وهي الآن مغمورة بالملح والرمل. تشهد هذه البواخر الجانحة على أهمية انخفاض مستوى المياه.

يقع بحر آرال في آسيا الوسطى بين أوزبكستان وكازخستان. كان يعتبر منذ عهد قريب رابع أكبر بحيرة في العالم حيث أن مساحته تبلغ 000 68 كلم². كانت مياهه نقية، قليلة العمق وقليلة الملوحة. كانت المنطقة تأوي عالماً متنوعاً من النباتات والحيوانات. وولد اقتصاد مبني على صيد الأسماك وعلى تربية فئران المسك المعروفة بفروتها، وعلى استغلال القصب (لتحضير عجينة الورق).

عام 1959، تم إطلاق مشروع ري كبير كان بمثابة إصدار قرار بموت بحر آرال. لقد تم بشكل تدريجي تحويل مياه أكبر نهرين

40% من مساحة بحر آرال تحوّلت إلى صحراء.

يصبان فيه وهما أمو - داريا وسير - داريا. انخفضت كمية المياه النهرية التي كانت تغذيه من 50 كلم³ في الأصل إلى 35 كلم³ عام 1970 ثم إلى 10 كلم³ عام 1980 وتوقفت عملياً منذ العام 1985. تحت تأثير التبخر، انخفض مستوى مياه البحر ونقصت مساحته بنسبة 40% تقريباً. واليوم تقوّض التوازن البيئي في كل المنطقة وانهار الاقتصاد.

كان يهدف مشروع الري إلى تنمية زراعة القطن في السهوب الجافة المجاورة، خاصة وأن الاتحاد السوفياتي كان يعتبر القطن مادة أولية استراتيجية، مفيدة لإنتاج المتفجرات ونسج البدلات العسكرية. منذ العام 1965، بلغت مساحة الأراضي المروية المخصصة لزراعة القطن 4,5مليون هكتار. إلا أن القطن يحتاج إلى كمية كبيرة من الماء (لإنتاج 1 كلغ من القطن يلزم 000 10 ليتر من الماء). إضافة إلى ذلك، إن الزراعات الأحادية الكبيرة هي شديدة الحساسية إزاء الطفيليات: فقد دفع تكاثر فراشة مؤذية، السلطات إلى استعمال الـ دي دي

أرقام

- عام 1995، بلغت مساحة الأراضي المروية بالمياه المسحوبة من نهري أمو - داريا وسير - داريا 7,2 مليون هكتار - لكن أكثر من 30% من الأراضي المروية أصبحت غير صالحة للزراعة بسبب ملوحة التربة.
- 26 000 كلم² من الأراضي أضحت مغطاة بالرمل والملح. وانخفض مستوى الماء 15متراً وانخفض حجم الماء 65%.
- لقد اختفت الحياة المائية تقريباً: فقد انقرض 24 نوعاً من الأسماك المستوطنة، وتوقف صيد الأسماك. قبل العام 1960، بلغت كمية الأسماك المستخرجة سنوياً 45 000 طن. وكان بحر آرال يقدم 10% من كافيار الاتحاد السوفياتي.
- 38 نوعاً حيوانياً فقط ما زال موجوداً على اليابسة في تلك المنطقة، مقابل 178 قبل العام 1960.

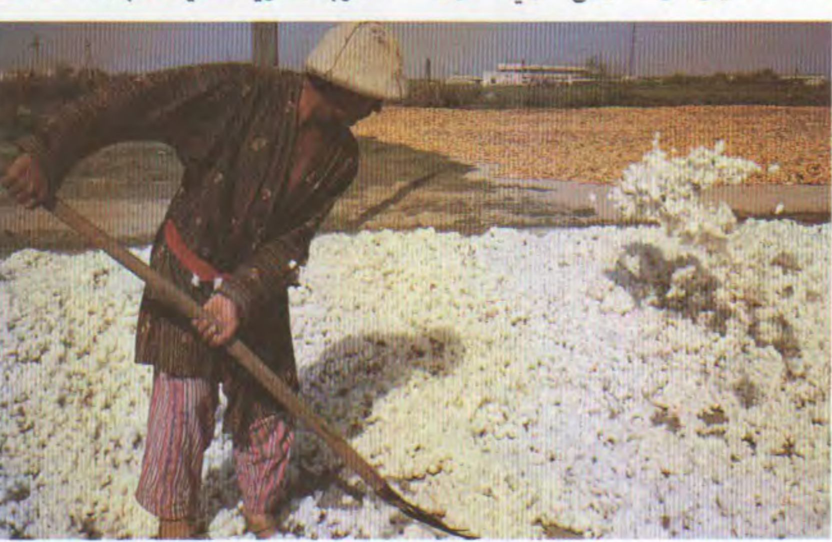
تي وهو مبيد للحشرات معروف بسمّيته وثباته في الوسط الموجود فيه. استعملت كذلك بكثافة المواد التي تجرد الأشجار من أوراقها وهي من شأنها تسريع بلوغ المحاصيل. تبين فيما بعد أن الطلب على القطن في الأسواق الداخلية والخارجية كان أقل من المتوقع. وتقرر تنويع الزراعات. لكن زراعة الأرز والذرة، التي حلت محل زراعة القطن في بعض المناطق، تتطلب كذلك الكثير من الماء وهي تضخم ظواهر الجفاف. ووفقاً للمدافعين عن مشروع الري، تعيل الزراعة حوالى 3 ملايين مزارع. إضافة إلى أن هذا الرقم يبدو متفائلاً، فإن الآثار السلبية للنشاط الزراعي بدأت تظهر ومن المتوقع أن تزيد خلال السنوات القادمة.
إن جفاف بحر آرال قد سرّع في الواقع ظواهر التصحر المرتبطة بالمناخ الجاف. فمن جهة، لم يعد البحر يلعب دوره المكيّف لدرجات الحرارة. واليوم يسجل ميزان الحرارة درجات تصل إلى 50 درجة مئوية تحت الصفر في الشتاء، و 50 درجة مئوية في الصيف مقابل 25 درجة مئوية تحت الصفر و 30 درجة مئوية على التوالي في السابق. من جهة أخرى، يسبب الري ارتفاع الملح الموجود في التربة، والذي يشكل على السطح طبقة جدباء.
إضافة إلى ذلك، تتغطى المناطق المجففة من بحر آرال بالرمل والملح اللذين يحملهما الهواء وينقلهما إلى مسافات بعيدة. إن نثار الملح، الذي يقدر بـ 500 كلغ في الهكتار، يؤثر كذلك على خصوبة التربة.
إن ملوحة البحر نفسها قد تضاعفت ثلاث مرات، وهي تتعدى بعد الآن طاقات تحلية المياه في منشآت معالجة مياه الشرب. فضلاً عن ذلك، تتلوث المياه بشكل كبير بسبب فضلات مبيدات الحشرات المستعملة في الزراعة. يلاحظ كذلك تلوث جرثومي للمياه الجوفية، حيث أن انخفاض مستوى مياه البحر يؤدي إلى صعوبة تصريف المياه المبتذلة. لقد دقت مؤشرات الصحة العامة ناقوس الخطر: زادت النسبة المرضية 4 مرات بين عامي 1984 و1995، كما أن معدل الوفيات بين الأطفال قد ارتفع بشكل كبير...
لقد اختفت الموارد التقليدية: أضحى صيد السمك مجرد ذكرى كما أن إنتاج الكافيار قد انقرض - وحدها أسماك الجنبري والشفنين البحري قاومت اختلالات الوسط الطبيعي. على اليابسة، توقف استغلال القصب وتربية الحيوانات ذات الفراء. أما بالنسبة للسياح، فقد قلّ كثيراً عدد الذين يرتادون أماكن الخراب هذه.
أمام فداحة الكارثة، التمست الجمهوريات الخمس الواقعة على السفوح المنخفضة لبحر آرال، عام 1992، مساعدة المجموعة الدولية. قدم الاتحاد الأوروبي، والبنك الدولي والأمم المتحدة وفرنسا دعمهم الخاص لمشاريع إعادة تأهيل البيئة وإقامة وحدات معالجة المياه.
إذا كان من المستبعد عملياً التمكن من إنقاذ بحر آرال، فإن إدارة أكثر ترشيداً لمياه الري ما زالت ممكنة: ينبغي إقامة زراعة أقل حساسية للجفاف وتنمية الري بالتنقيط والتخلي عن بعض الأقنية. ■

هل تعلم؟

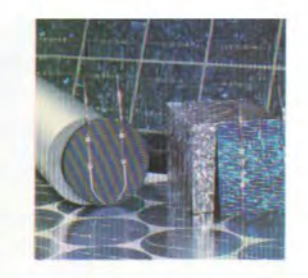
لقد فرغت مدينة موبناك، الواقعة على نهر أمو - داريا إلى جنوب بحر آرال، من سكانها. كانت تضم 130 000 نسمة عام 1960. وقد دفعهم تدهور نمط العيش والصعوبات الاقتصادية إلى الهرب. واليوم، لا يوجد في هذه المدينة أكثر من 10 000 نسمة.

توضيح

بدأ تنفيذ مشروع استصلاح في كازاخستان. بتحويل مصب نهر سير - داريا نحو الشمال، يؤمل بإعادة تكوين «بحر صغير»، مفصول عن البحر القديم بواسطة سد. يمكن لهذه البحيرة المالحة أن تصل إلى توازنها البيئي في مدة عشرين سنة اعتباراً من الآن.



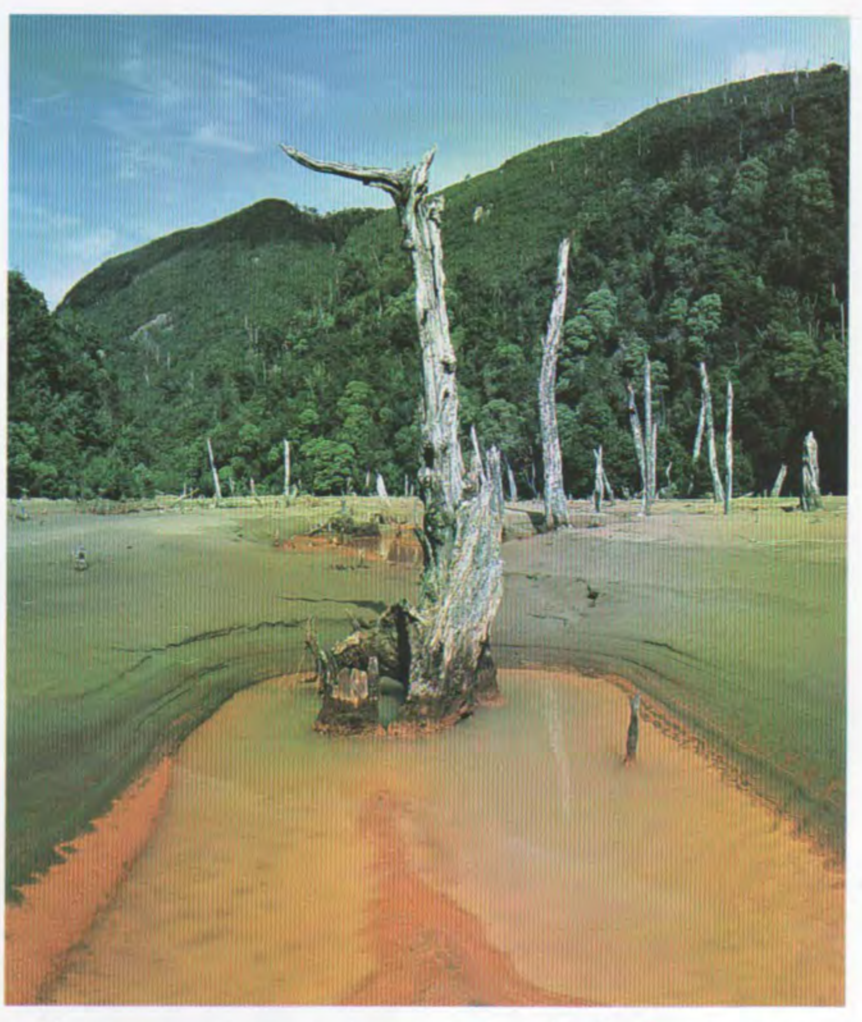
كان يهدف مشروع الري إلى تنمية زراعة القطن. وإذا كانت هذه الزراعة تعيل عدداً لا بأس به من المزارعين، فقد تبين أنها أقل مردودية مما كان يتوقع.



موارد الأرض

هدر وتلوّث

تحتوي الأرض على مواد أولية عديدة بشكل طبقات معرّضة للنفاذ ويشكل استغلالها مصدراً للتلوّث. سوف يرتكز التحدي خلال القرن الحادي والعشرين على إيجاد وسائل إنتاج أكثر نظافة وعلى توفير هذه الموارد.



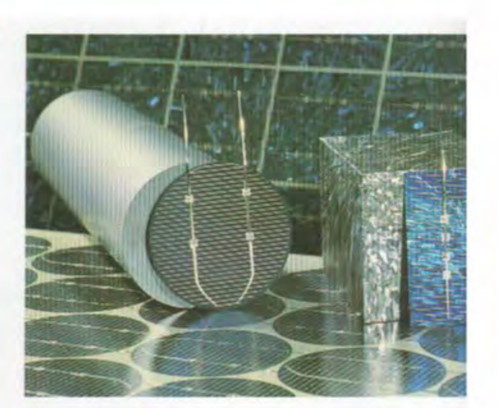
تترافق الأنشطة المنجمية في أغلب الأحيان بتلوث شديد وتبدو في الصورة ضفاف نهر تسمانيا التي أضحت قاحلة تماماً بسبب رمي فضلات النحاس الصادرة عن منجم قريب.

منذ عصور ما قبل التاريخ، انتفع الإنسان من الموارد المنجمية الموجودة في باطن الأرض. في العصر النيوليتي (العصر الحجري الأخير) ولدت العدانة مع اكتشاف البرونز، أو الخليط بين النحاس والقصدير، ثم مع استغلال الحديد. وقد عرف هذا الفرع من الصناعة تطوراً هاماً في القرن التاسع عشر مع ظهور صناعة الحديد (تكنولوجيا الحديد المصبوب والصلب).

تحتل المعادن مكاناً أساسياً في حياتنا الحديثة. فالنحاس يُستعمَل كثيراً في الكهرباء، والفضة في صناعات التصوير والكهرباء التقنية. أما الحديد فهو متوفر وغير مرتفع الثمن وهو يستعمل في عدة أدوات مألوفة في حين أن الصلب مطلوب لمتانته. يعطي الألومنيوم سبائك خفيفة الوزن تستعمل في صناعة السيارات والطيران. وأخيراً، يستعمل الأورانيوم، منذ عقود عديدة، في الصناعة النووية. وقد حظيت بعض العناصر غير المعدنية الموجودة في الأرض بأهمية اقتصادية كبيرة: فالسيليسيوم المتوفر بكثرة في القشرة الأرضية، يشكل أساساً للصناعة المعلوماتية (عناصر تستعمل في الدوائر المدمجة)، ويدخل كذلك في إنتاج اللوحات الشمسية الفولتية الضوئية.

إن الاحتياطي الممكن استغلاله من الفليور أو الفضة أو التوتياء قد استنفذ تقريباً.

يقدم باطن الأرض كذلك الأشكال الكبيرة للطاقة الأحفورية المتحجرة المستعملة في العالم: البترول، الغاز الطبيعي والفحم. ينتج البترول والغاز الطبيعي عن التدهور البطيء بواسطة البكتيريا لكائنات نباتية أو حيوانية تكاثرت في البحار (قبل فترات تتراوح بين 5 و480 مليون سنة) وتراكمت بشكل ترسبات. أما بالنسبة للفحم، فقد تكوّن انطلاقاً من أوراق أشجار وأخشاب تحللت في

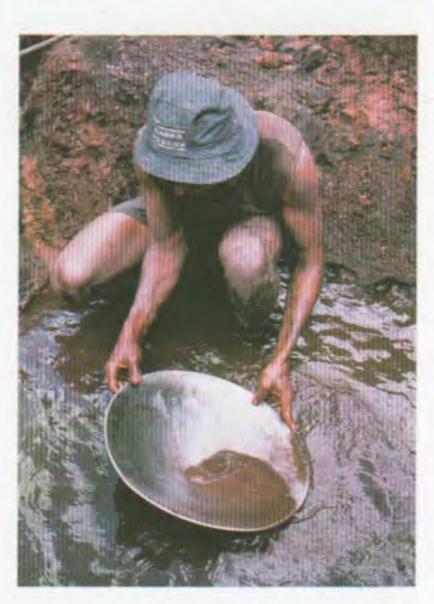


السيليسيوم متوفر بكثرة في القشرة الأرضية. تتم تنقيته وقولبته في سبائك أسطوانية أو مكعبة الشكل تدخل في إنتاج الحاشدات الكهربائية الشمسية.

المستنقعات وامتزجت بالوحل وغارت في الأرض، قبل أكثر من 300 مليون سنة.
لا يستعمل البترول كوقود فحسب إنما يدخل أيضاً في الصناعة الكيماوية، لإنتاج البلاستيك والدهون التجميلية والنسيج والأسمدة والأدوية... يغذي الفحم والغاز معامل توليد الكهرباء ويشكلان أيضاً مواداً أولية للصناعة الكيماوية.
إن موارد الأرض قابلة للنفاذ. بالنسبة لعناصر عديدة ضرورية للصناعة الحديثة (فليور، فضة، زئبق، توتياء، رصاص، قصدير، نحاس...)، لا تسمح الاحتياطيات المستغلة منها حالياً بتغطية الحاجات إلا خلال عقدين أو ثلاثة فقط. وفي أفضل الحالات، سوف تنفذ حقول البترول التقليدي الكبيرة عام 2050. صحيح أن الاحتياطات النظرية المتوفرة مازالت كبيرة، لكن استغلالها سوف يستلزم كميات من الطاقة تكبر كلما كانت الحقول المعنية أقل تركيزاً أو يصعب الوصول إليها. غير أنه بالإمكان إطالة أمد توفّر احتياطيات كل هذه الموارد بشكل كبير إذا ما تنظّم تدويرها، مما يؤدي في الوقت عينه إلى الاقتصاد في الطاقة وتخفيف التلوث كثيراً. في تطبيقات صناعية عديدة، تُستعمل معادن غير وفيرة دون إمكانية استردادها مجدداً: ينتهي الأمر بهذه الموارد المعدنية غير المسترجعة غالباً في الفضلات الصناعية وهي مسؤولة عن تلوث واسع للهواء والتربة والمياه. يترافق النشاط المنجمي بفضلات تحتوي على منتجات خطرة

تمثل فضلات الصناعة هدراً للمواد الأولية وللطاقة.

(زرنيخ، زئبق، كادميوم) تُرمى في الأرض والماء. كما أن غالبية البنزين المنتج في العالم يحتوي دائماً على الرصاص، حتى ولو أن القوانين التي تمنع استعماله دخلت حيز التنفيذ في البلدان الصناعية الكبيرة. إضافة إلى ذلك، تسبب الصناعة الكيماوية تلوثات عرضية خطيرة: انفجار مواد سامة، بقع بترول في البحر... وأخيراً تبعث الطاقات الأحجورية، باحتراقها، ملوثات جوية، مسؤولة عن ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة.
يحتم الحفاظ على البيئة، إذن، الاقتصاد في الطاقة وموارد الأرض، بالحد من استغلالها وبإعادة تدوير المواد المستعملة فيها من جهة، وتطوير الطاقات القابلة للتجدد من جهة أخرى. إحدى هذه الطاقات الممكن تجديدها تأتي من باطن الأرض: فحرارة الأرض الجوفية ترتكز على استعمال حرارة



بغية إعادة استرجاع شذرات الذهب المنثورة في الطمي، يستعمل المنقبون البرازيليون الزئبق، وهو سم عنيف يؤذي عالمي الحيوان والنبات.

هل تعلم؟

إذا كانت احتياطيات البترول أو الغاز الطبيعي ستنضب سريعاً (خلال 50 و65 سنة على التوالي)، فإن الأمر يختلف مع الفحم الذي تتعدى احتياطياته العالمية المعروفة حالياً 500 3 مليار طن من مقابلها من البترول. يقدر أن العصر المفيد للفحم سوف يمتد على الأقل حتى الأعوام 2250 ـ 2300. إن أزمة الطاقة ليست إذن وشيكة الحصول. ولكن هل يجب الابتهاج لذلك؟ يخشى أن يؤدي تلوث الهواء الناتج عن استعمال الفحم الحجري إلى كارثة بيئية ضخمة على مستوى الكوكب قبل نضوب هذا المورد!

كوكبنا لتغذية شبكات التدفئة أو شبكات إنتاج الكهرباء. وقد وجدت تطبيقات عديدة لحرارة الأرض الجوفية، في إيسلندا حيث يتم حفر آبار للوصول إلى مصادر ساخنة وتحويل الحرارة إلى كهرباء. في الوقت الحاضر، تظل حصة مجمل الطاقات الممكن تجددها (شمسية، هوائية، مديّة محركة...) في إنتاج الطاقة زهيدة جداً للأسف. ■

توضيح

توضح حالة الفضة بشكل كامل مشكلة نضوب الموارد المعدنية. فمنذ سنوات عديدة، يتجاوز الاستهلاك العالمي الإنتاج. غير أن جزءاً هاماً من الفضة يضيع في مياه التصريف بسبب الاستعمالات الصناعية (خاصة صناعة التصوير التي تمتص نصف الإنتاج العالمي). هذه الفضة المهدورة نعود فنجدها في الأنهار، حيث تطرح مشاكل تلوث جدية: فأملاح الفضة المعروفة بسميتها الشديدة تكبح نشاط البكتيريا في محطات التنقية. إن هذه الممارسات مؤسفة خاصة إذا علمنا أن الفضة يمكن تدويرها (أي الاستفادة منها مجدداً) إلى ما لا نهاية.



دورة الأزوت

غاز، نيترات وبروتينات

إن الأزوت الذي يتنقل بشكل دائم بين الجو واليابسة (قشرة الأرض)، والمحيطات (الغلاف المائي) والكائنات الحيّة (البيوسفير)، يعاد تدويره بواسطة البكتيريا الموجودة في التربة والمحيطات. لكن هذا التوازن المعقد تهدّده أنشطة الإنسان.



الغوانو (سماد من ذرق الطيور) متوفر بكثرة على الشواطئ التي تأوي جماعات الطيور البحرية (في الصورة مشهد من المنطقة القطبية الجنوبية). يُجمع هذا البراز الغني بالنيترات ليستعمل كسماد.

يعتبر الأزوت، إضافة إلى الكربون والأوكسجين، أحد العناصر الكيماوية الأكثر ضرورة للحياة. إنه في الواقع أحد المكونات الأساسية للبروتينات وللحامض الديزوكسيريبونوكليك (ADN أو الحامض النووي) حامل المعلومة الوراثية أو الجينية. يتوفر الأزوت بكثرة في الجو بحالته الغازية (N_2)، حيث يشكل 78% من الهواء. لكن هذا الخزان الواسع غير قابل للاستغلال من قبل غالبية الكائنات الحية، كونها غير قادرة على استعماله بهذا الشكل. حتى يصبح مستساغاً، يجب أن يندمج مسبقاً في مركباته المعدنية. يتم هذا التحول جزئياً وبشكل ذاتي في الجو: تحت تأثير طاقة البرق أو الأشعة ما فوق البنفسجية الموجودة في الأعالي، يتفاعل الأزوت الغازي (N_2) مع الأوكسجين ويكوّن أوكسيد الأزوت (NO_3 ،NO_2، NO) التي تحملها الأمطار معها فتصل إلى الأرض.

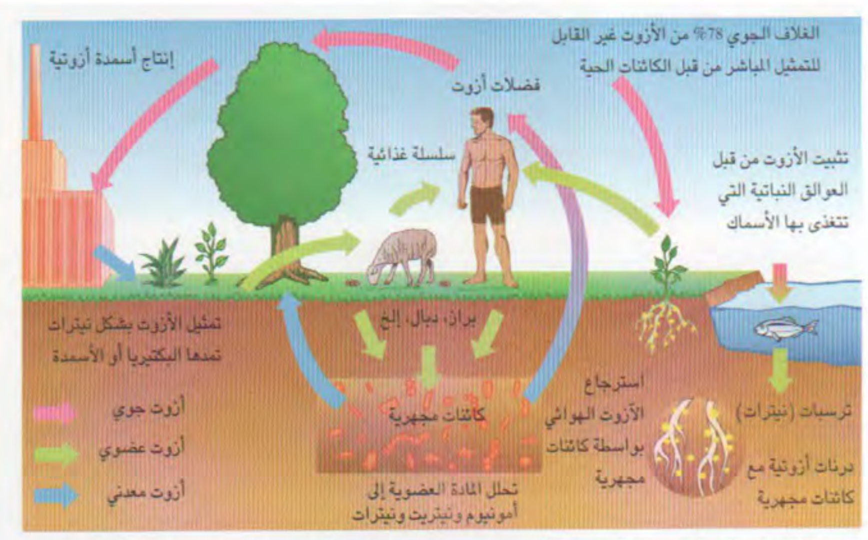
إلا أن كائنات حية مجهرية متخصصة هي التي تؤمن القسم الأساسي من تحول الأزوت الغازي إلى مركبات معدنية. هذه الكائنات الحية المجهرية موجودة في التربة والمحيطات والمياه العذبة أو تعيش بالتكافل مع بعض النباتات، وهي الوحيدة في الواقع، القادرة على استخراج الأزوت الغازي (الجوي أو الذائب في الماء) لتصنع مركباتها العضوية الأزوتية الخاصة بها. تطلق بعد ذلك في الوسط المحيط بها الأزوت المعدني (وبشكل خاص النيترات) الذي يمكن للنباتات أن تستعمله. هناك بكتيريا زرقاء (نوستوك،أنابإينا)، ومجموعات متنوعة من البكتيريا تحصى بين الأجسام المجهرية التي تثبّت الأزوت. البعض منها حر في التربة أو البحار (أزوتوباكتر، كلوستريديوم) والبعض الآخر يعيش في تجمّع وثيق مع نباتات عالية، وسرخس وطحالب، وفطور... كما أن البكتيريا من نوع ريزوبيوم أو أكتينوميس تعيش

إن الأزوت الموجود في الهواء غير قابل للتمثيل من قبل الكائنات الحيّة العليا.

بالتكافل في انتفاخات (تعرف بالدرنات الأزوتية) على جذور بعض فصائل النباتات وخاصة القرنيات (الجلبان أو البازيلا، اللوبياء...).

أما الخضار التي لا تأوي هذا النوع من البكتيريا فإنها تنتج بروتينها وجزيئات أخرى أزوتية انطلاقاً من أيونات النيترات(NO_3^-) الذائبة في مياه التربة. هكذا يدخل الأزوت في السلسلة الغذائية. يشكل الخضار طعاماً للحيوانات آكلات العشب وهذه الأخيرة تقتات بها الحيوانات آكلات اللحوم.

إن البراز الأزوتي (البولة، الحامض البولي) وجثث الحيوانات (التي تحتوي على حوامض أمينية، والحامض الديزوكسيريبونوكليك ADN...) إضافة إلى الأوراق الميتة الموجودة في



تنسق الكائنات الحية المجهرية دورة الأزوت. فالبعض منها يثبّت الأزوت الغازي ويحوله إلى أزوت معدني قابل للتمثيل من قبل النباتات، والبعض الآخر يحلل المادة العضوية بغية إعادة إدخال الأزوت المعدني إلى السلسلة الغذائية.

الدبال تزود التربة بالأزوت العضوي. تسمح بعض الأجسام المجهرية «المحللة» بالعودة التدريجية لهذا الأزوت العضوي إلى الحالة المعدنية. فهي تطلق أولاً الأزوت بشكل أيونات أمونيوم (NH_4^+) التي يمكن أن تتحول إلى أيونات نيتريت (NO_2^-) (بواسطة البكتيريا من نوع نيتروسوماس)، ثم إلى أيونات نيترات (NO_3^-) (بواسطة البكتيريا من نوع نيتروباكتري)، يمكن لهذه النيترات أن تستعملها النباتات مجدداً. وبهذه الطريقة، يتم تدوير الأزوت بشكل دائم. فضلاً عن ذلك، يتحول جزء من أيونات النيترات هذه إلى أزوت غازي بواسطة بكتيريا من نوع بسودوموناس التي تؤمن بذلك عودته إلى الجو.

تتطور الأنظمة البيئية البحرية وفقاً لصورة مشابهة بشكل إجمالي، مع فارق بسيط وهو أن الأزوت الغازي موجود فيها بشكل مذاب. ترتبط المبادلات الرئيسية بين المحيطات والقارات بإمداد النيترات وأشكال معدنية أخرى تجرفها مياه الأمطار.

إن كمية الأزوت الموجودة في المحيط الحيوي هي ثابتة بشكل ملحوظ. غير أن هذه الدورة تتعرض للاختلال الشديد بسبب تدخلات الإنسان، وخاصة الزراعة التي تستخدم كميات كبيرة من الأسمدة الأزوتية. يساهم في هذا الخلل كذلك احتراق الفحم أو البترول، مما يزيد تركيز أوكسيدات الأزوت في الجو. عندما تتعرض هذه الملوثات إلى الإشعاع الشمسي، فإنها تتفاعل مع المركبات العضوية المتبخرة لإنتاج الأوزون، وهو المكون الرئيسي للضباب الدخاني. إضافة إلى ذلك، يتحول جزء من أوكسيدات الأزوت إلى الحامض النيتريك (HNO_3) الذي نجده في المتساقطات (الأمطار الحمضية).

أخيراً ستترك سخونة المناخ الحالية بلا شك أثراً لابأس به على دورة الأزوت، بتعكيرها نشاط الأحياء المجهرية وتدفقات الأزوت المذاب. من الصعب التوقع المسبق لهذه الآثار المخادعة. فهل تتغلب على التوازنات الطبيعية؟ ■



تدل هذه الدرنات الظاهرة الموجودة على جذور نبتة وجود بكتيريا تكافلية مثبّتة للأزوت.

أرقام

- يحتوي الجو على ما يقارب 3,9 مليار مليون طن من الأزوت، القسم الأكبر من هذه الكمية في شكل أزوت غازي(N_2).
- تقدر كمية الأزوت الجوي التي تثبتها البكتيريا والبكتيريا الزرقاء الموجودة في التربة والمحيطات بـ 160 إلى 260 مليون طن في السنة.
- بفضل البكتيريا التي تأويها بعض النباتات في الدرنات الموجودة في جذورها، تستطيع هذه النباتات من فصيلة القرنيات، مثل البرسيم، تثبيت حوالى 400 كلغ من الأزوت في الهكتار الواحد في السنة.
- يمثل الأزوت الموجود في الكائنات الحيّة (حوامض أمينية، بروتينات، الخ..) أكثر من 130 مليار طن.
- أكثر من 20 مليون طن من النيترات الفائضة تطلق كل عام في الجو والتربة، وهي تأتي سواء من الأسمدة الكيماوية، أو من تحوّل أوكسيد الأزوت الناتج عن احتراق الطاقة الأحجورية.

هل تعلم؟

يردّ علم الاشتقاق كلمة أزوت إلى غياب الحياة (في اللغة اليونانية، كلمة Zôê تعني حياة). في القرن الثامن عشر، لاحظ عالم الكيمياء الفرنسي أنطوان لوران دو لافوازيه، أن هذا المكوّن للهواء لا يتدخل في الاحتراق ولا في التنفس، فاختار له هذه التسمية. أما الإنكليز فقد فضلوا تسميته نيتروجين حيث نجد أصل الكلمة في التسميات التالية: «نيترات» أو «نيتروجيناس» (وهي خميرة تسمح بتثبيت الأزوت).

تفسير كلمات

- **الأزوت الغازي** هو جزيئة تتألف من ذرتيّ أزوت (N_2).
- يوجد الأزوت في مركبات معدنية مختلفة مثل **أوكسيد الأزوت** (NO_3, NO_2, NO). يوجد كذلك في الماء **إيونات النيترات**(NO_3^-) **والأمونيوم**(NH_4^+) خاصة.
- الأزوت هو كذلك أحد مكونات **الجزيئات العضوية** مثل البروتينات أو حامض الديزوكسيريبونوكليك (ADN).
- يعني **التثبيت اللاحيوي** للأزوت الغازي تمعدنه في الجو تحت تأثير الصاعقة أو الأشعة فوق البنفسجية.
- إن **التثبيت البيولوجي** أو الحيوي للأزوت الغازي هو نتيجة عمل البكتيريا والبكتيريا الزرقاء (طحالب زرقاء) القادرة على استعمال جزيئة الأزوت(N_2) مباشرة.



الأزوت والزراعة

اختلال في الدورات الطبيعية

تُرجِع الزراعة الكثيفة الأزوت المعدني بشكل مفرط إلى الوسط الطبيعي. بلغ تلوّث المياه بالنيترات، الناتج عن الاستعمال المتهور للأسمدة الأزوتية، حدّاً مقلقاً.



يزيد نشر الأسمدة الأزوتية مردود الزراعة في الهكتار بشكل كبير. تمتص النباتات جزءاً من الأزوت لتنمو، ويصل الجزء الآخر إلى طبقة المياه الجوفية بواسطة مياه السيول.

بهدف تحسين مردود الزراعة، فرض استعمال الأسمدة نفسه كترياق بدأت تظهر الآن آثاره الفاسدة.

الأزوت ضروري لنمو النباتات. وبما أن هذه الأخيرة لا تستطيع استعمال الأزوت الموجود في الهواء، فإنها تضطر عبر جذورها إلى سحب الأزوت الذائب في مياه التربة بشكل نيترات (NO_3^-) تحديداً. تعتبر الحبوب بشكل خاص متعطشة كثيراً للنيترات.

إن الجزء الأكبر من هذا الأزوت المعدني ينتج عن تحلل المادة العضوية في التربة. وبغية الحؤول دون استنفاد التربة من جراء اللجوء إلى الزراعات الكثيفة، عمدت الزراعة الحديثة على استعمال المخصّبات التي تحتوي على النيترات، أو على إيونات أزوتية أخرى في ظل المناخات الحارة والرطبة، لأنها تتحول فيما بعد إلى نيترات بواسطة الكائنات الحية المجهرية الموجودة في التربة. تنتج هذه الأيونات عن التحول الصناعي للأزوت الغازي (N_2) الذي ينتجه احتراق الطاقات الأحجورية. لقد ارتفع استهلاك الأسمدة الكيماوية الأزوتية في البلدان

تُلوّث النيترات المياه السطحية والمياه الجوفية.

الصناعية بشكل مذهل خلال عدة عقود. إذا استعملت النيترات بكميات كبيرة، لا تمتصها النباتات بالكامل: يصل الفائض أحياناً في بعض الأماكن إلى نصف الكمية المستعملة! إذا جرفتها المتساقطات، فإنها تتسرب إلى باطن الأرض وتلوث المياه السطحية وطبقات المياه الجوفية. تشتد هذه الظاهرة خلال الشتاء بسبب غياب الغطاء النباتي وضعف النشاط البيولوجي للتربة على درجة حرارة منخفضة. يسرّع تلوث المياه بالنيترات تنامي الطحالب والنباتات المائية في المياه السطحية ويؤدي ذلك إلى اختناق هذا الوسط. فضلاً عن ذلك، لا تخلو النيترات من السمّية. فعندما تتحول إلى



نيتريت بواسطة البكتيريا، يمكنها أن تحول دون نقل الأوكسجين في الدم عبر الهيموغلوبين (أو اليحمور)، مما يسبب حالة «ازرقاق الرضيع» أو اختناق الأنسجة التي تتميز بازرقاق لون الجلد. فضلاً عن ذلك، قد تكون مشتقات النيتريت مسببة للسرطان.

منذ العام 1980، حددت المجموعة الأوروبية التركيز الأقصى للنيترات في الماء الصالح للشرب بـ 50 ملليغرام في الليتر، وحددت منظمة الصحة العالمية هذا التركيز بـ 45 ملليغرام في الليتر. لكن نوعية الماء مازالت دون الوسط وصعبة التحسين، لأن النيترات الفائضة المنشورة اليوم قد تحتاج إلى 15سنة قبل بلوغ طبقات المياه الجوفية.

بالإمكان استبدال الأسمدة المعدنية بمخصبات عضوية. وهكذا فالزبل الذي يتكون من خليط مختمر من فراش الدبال

توضيح

ترعى المؤسسة الأوروبية للعلوم (ESF) حالياً برنامج أبحاث حول «تثبيت الأزوت» من قبل «البكتيريا الزرقاء». تضم هذه المؤسسة هيئات الأبحاث الأوروبية الرئيسية. سوف يسمح هذا البرنامج بتقدير ما إذا كان خلق تكافلات اصطناعية مع هذه الكائنات الحية المجهرية قد يساعد على توفير حاجات النباتات المزروعة إلى الأزوت.

أرقام

- يحتوي عامود الهواء المنتصب عمودياً على أرض مساحتها 1 هكتار حوالى مليون مرة كمية الأزوت السنوية اللازمة للنباتات التي تنمو فيها... ولكن المقصود هو الأزوت الغازي الذي لا يمكن للنباتات أن تهضمه.
- على أرض مساحتها 1 هكتار، تخزّن حبوب قمح من النوع العالي المردود حوالى 100 كلغ من الأزوت.
- يتم نشر حوالى 2,5 مليون طن من الأسمدة الأزوتية كل سنة على الأراضي المزروعة في فرنسا. عام 1997، تم تقدير الفائض بـ 400 000 طن.

ومن البراز الحيواني المستعمل تقليدياً، يُرجع النيترات بشكل تدريجي إلى التربة عندما تهاجمه البكتيريا. هناك إمكانية أخرى تقضي باستعمال «أسمدة خضراء»: فالنباتات من فصيلة القرنيات، مثل البرسيم أو النفل (جنس أعشاب تتألف ورقتها من ثلاث وريقات) تثبت الأزوت الموجود في الجو بفضل البكتيريا التكافلية، ثم تعيد إلى التربة الأزوت المعدني، عندما تتحلل.

لكن هذه الطرق لا تجنب دائماً حصول فائض من النيترات، وهي تنتج الأمونياك (NH_3) . يمكن لهذا الغاز ذي الرائحة الحامزة (الحادة) أن يكون مصدر أذى للشم محلياً، وتساهم مشتقاته

هل تعلم؟

قبل أربعين سنة، جرى اختبار غير كامل ومثير للجدال على الفئران. وقد سمح بتحديد النسبة القصوى للنيترات في ماء الشرب بـ 50 ملليغرام في الليتر. سمح هذا الاختبار بتثبيت قيمة الجرعة اليومية المقبولة على 3,65 ملليغرام من النيترات لكل كلغ من اللحم الحي أي 255,5 ملليغرام لرجل يزن 70كلغ. وحيث أن الإسهام الغذائي يقدر بـ 180 ملليغرام، لا يجب أن يتعدى إسهام مياه المشروبات 75 ملليغرام في اليوم (1,5 ليتر متوسط الاستهلاك).

بشكل مباشر في تلوث المياه والتربة، وبشكل غير مباشر، في الأمطار الحمضية، وحتى في ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة.

تعتبر تربية الماشية المصدر الرئيسي للتلوث بالأمونياك، فالحيوانات لا تمثّل إلا 20% من الأزوت الذي تحمله الأطعمة. تظهر النسبة الباقية في برازها، خاصة بشكل بولة (أحد مكونات البول) تتحول إلى أمونياك وثاني أوكسيد الكربون. أما تربية الرّت فهي مسؤولة عن «تسرّبات» الأزوت النشادري الأكثر ضخامة، خاصة إذا تخزن البراز الممزوج بمياه الغسيل في الهواء الطلق.

توجد إجراءات تسمح بالتخفيف من أثر الزراعة الكثيفة على دورة الأزوت الطبيعية. بالاستناد إلى معدل زراعي سنوي للأزوت، بالإمكان تحقيق تخصيب رشيد وذلك بحساب جرعات أسمدة متكيفة مع حاجات النباتات. كما أن حصصاً غذائية أكثر توازناً تسمح بتقليل إفرازات الأزوت من الحيوانات. ومن الممكن كذلك تحسين إدارة الفضلات الناتجة عن تربية المواشي ورصّها أو فرشها. تحدّ كل هذه الإجراءات من تسربات الأزوت المعدني في الوسط البيئي دون أن تقلل بشكل كبير إنتاجية الأراضي الزراعية. لكنها لن تكون كافية لإزالة كل تلوث. يبدو أن الطلاق بين الزراعة الكثيفة واحترام البيئة قد أصبح تاماً. ■

تدهور التربة

مسؤولية بشرية جسيمة





■ **التوعين** (تصبح التربة صلبة وحمراء اللون).
تظهر هذه العملية بشكل خاص في المناطق الاستوائية والمدارية الرطبة حيث تحتوي التربة على مقدار كبير من الحديد. عندما تقطع الغابات أو تُستصْلح (الصورة في الأمازون)، وعندما تتعرض الأراضي للرعي الجائر، تحترق الأرض تحت تأثير حرارة الشمس وتجرف الأمطار طبقتها الخصبة. تصعد عندئذ أوكسيدات الحديد إلى السطح وتشكل قشرة حمراء من اللاتريت (لاتريت: تربة صلبة حمراء اللون) تكون بمثابة درع حقيقية تنبت النباتات عليها بصعوبة.



■ **التملّح**
إذا ترافق ري الأراضي مع تصريف سيئ للمياه، في البلاد ذات المناخ الجاف، يؤدي ذلك إلى تراكم الأملاح في الطبقة السطحية من التربة وتصبح غير مؤاتية لأية زراعة. هناك مناطق عديدة تخضع لهذه الظاهرة. ويشكل جفاف بحر آرال في آسيا الوسطى، إضافة إلى ري حقول القطن، أفضل مثال على ذلك. لكن توجد أمثلة أخرى في باكستان، والهند ومالي والجزائر وأستراليا (الصورة أعلاه) أو الولايات المتحدة.



■ **التحمض**
في الغابات المعتدلة، يؤدي استبدال الأشجار الكثيفة الورق (البلوط، الزان...) بأشجار من فصيلة الصنوبريات (شجر البيسية، صنوبر..) التي تنمو بشكل أسرع، إلى تحمضّ التربة. عندما تتحلل إبر الصنوبريات الغنية بالحوامض، فإنها تخفف من خصوبة التربة. إن تلوث الجو بثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) أو بأوكسيدات الأزوت(NO_X)، الذي يولد الأمطار الحمضية، هو سبب آخر للتحمض. وهو يؤدي إلى الافتقار الكيماوي للتربة بتحريره بعض العناصر مثل الكالسيوم، أو المغنيزيوم أو البوتاسيوم أوالصوديوم أو الألومنيوم التي تجرفها مياه الأمطار وقد تؤدي إلى ذبول الغابات أو إلى تلوث مجاري المياه.



■ التآكل

تتآكل الأرض تحت تأثير الرياح ومياه السيول. يؤدي التناقص المتكرر للدبال أو للتربة العضوية إلى استنفاد الأراضي الزراعية. يحدث تآكل التربة بشدة وبشكل منبسط في مناطق الزراعة الكثيفة. في أوروبا، ساهمت إزالة الحواجز في مناطق الغابات الصغيرة بتقوية السيول حيث إن مياه الأمطار ما عادت تتسرب على طول جذور النباتات. وفي المناطق التي تشهد زراعات كبيرة، تتعرض الأراضي كثيراً للتآكل الريحي على أثر تعريتها بعد حصاد المواسم. أما في البلدان الفقيرة، كما يبدو هنا في مدغشقر، ينتج التآكل عن الرعي الجائر، واجتثاث الأحراج والوقيد، التي تؤدي كلها إلى إزالة الغطاء النباتي. وتحت تأثير السيول، تحفر المياه مجار عميقة لها في التلال تعرف باللافاكا.

■ مقاومات الطفيليات

قد يؤدي النشر الكثيف لمقاومات الطفيليات على المزروعات إلى تدهور تربة الأراضي المجاورة. في الواقع، يمكن لمياه الأمطار أن تجرف مبيدات الفطر، ومبيدات الأعشاب، ومبيدات الحشرات نحو أراضي أخرى فتقلب توازنها البيولوجي.



التصحّر

ظاهرة تشتد

يزداد تصحّر مناطق عديدة نتيجة لزيادة عدد السكان وتقلص مساحة الغابات والإفراط في استهلاك المياه. إلا أن إعادة تكوين تربة خصبة يحصل بعد تطوّر بطيء يدوم آلاف السنين.



في النّيجر، يرعى البدو قطعان أبقارهم وماعزهم في السهول الكثيرة العشب (السافانا). عندما تتعرض التربة للإستكلاء، فإنها لا تعود قادرة على التجدد وتصبح رويداً رويداً ضحية التآكل. وعندما لا تعود محمية، فإنها تتحول إلى غبار وتظهر مجدبة تماماً.

التصحّر عملية عادية وطبيعية تصيب بعض مناطق الكرة الأرضية. لكن تدمير النباتات الناتج عن أنشطة الإنسان (اجتثاث الأحراج، الرعي الجائر، الاستغلال المفرط للتربة، الري...) ضاعف مدى هذه الظاهرة وامتدادها الجغرافي: إن ثلث الأراضي الزراعية في العالم، والتي تتوقف عليها حياة 850 مليون نسمة هو الآن مهدد. يصيب التصحر سنوياً حوالى 6 ملايين هكتار إضافية. أما المناطق الأكثر إصابة بذلك فهي تلك التي تحد الصحاري المدارية مثل الصحراء الكبرى أو صحراء أتاكاما في الشيلي. لكن المناطق المعرضة لمناخ جاف في أميركا الشمالية أو في آسيا الوسطى، أو في جنوب أفريقيا أو في أستراليا هي كذلك متضررة.

إن عملية التصحّر ليست ظاهرة جديدة.

في المناطق المدارية ذات النمو السكاني الكبير، يقوم السكان بقطع الغابات، بسبب حاجتهم للأراضي الزراعية وخشب التدفئة. وبما أن المتساقطات تتغذى بشكل رئيسي من التبخر النتحي للغطاء الحرجي، فإن ذلك يؤدي بالنتيجة إلى تغير هام في نظام الأمطار. إضافة إلى ذلك، فإن الرعي الجائر في مناطق السهوب والسباسب إضافة إلى الإفراط في الاستغلال الزراعي يستنفدا التربة الضعيفة التي تنتهي بالتدهور. أخيراً، قد يؤدي الري في مناخ جاف، مثل بحر آرال، إلى تركيز الأملاح في التربة وبالتالي إلى إفساد خصوبتها.

غير أن عملية التصحر ليست ظاهرة جديدة. إنها مرتبطة بشكل وثيق مع تطور الزراعة. قبل 000 4 سنة، كانت منطقة الهلال الخصيب، بين نهري دجلة والفرات، تغذي عشرات آلاف السكان. واليوم اجتاحت الصحراء كل هذه المنطقة من الشرق الأوسط تقريباً. الشيء ذاته يقال عن منطقة الصحراء الكبرى، التي كانت منطقة مخضوضرة خلال العصر الحجري الأخير (المصقول أو النيوليتي). عندما أصبح المناخ أكثر جفافاً، قبل 500 4 سنة، ظل الضغط الزراعي شديداً جداً ورويداً رويداً، أصبحت منطقة الصحراء الكبرى أكبر صحراء في العالم. توجد في أفريقيا أراض ذات تربة ضعيفة بشكل خاص وتحتوي على القليل من التربة العضوية (الدبال). يمارس فيها السكان تقليدياً زراعة متنقلة، تجعلهم يتركون الأرض ترتاح لمدة عشرين سنة في بعض الأحيان. في أيامنا الحاضرة، وبهدف تأمين الغذاء للسكان الذين يتزايدون، تقلصت فترات استراحة الأرض ولم يعد للتربة الوقت الكافي لإعادة التكوين. أما الممارسة الكثيفة للوقيد (حرق أشجار للزرع مكانها)، التي تهدف إلى تسهيل التجديد الطبيعي للتربة، فإنها تزيد من حدة هذه الظاهرة. إضافة إلى ذلك، ساهم إدخال الأبقار والأغنام والماعز إلى السباسب (السافانا) في إفقار التربة. إن هذه الحيوانات الأليفة، على عكس الحيوانات البرية، متكيفة قليلاً مع هذا النوع من النباتات. فالعشب، الذي يحتوي على القليل من البروتين، يكاد يكفي لإشباع جوعها. وحيث أن هذه الحيوانات كثيرة العدد على أراض قليلة المساحة، فإنها تقوم برعي هذه الأعشاب باكراً جداً ودوس النباتات الأخرى. وهكذا تصبح التربة غير محمية وتكون ضحية التآكل. تتحول قشرة الأرض إلى غبار، تحملها الرياح. فخلال فترة الجفاف الكبيرة التي أصابت منطقة الساحل في السبعينات، تم التقاط غبار مصدرها من هذه المنطقة، على مسافة 700 4 كلم منها، في جزيرة بارباد في الأنتيل! وتحت تأثير التآكل، تتكون كثبان من الرمل وتزداد منطقة انتشارها.

في آسيا، تتعرض كذلك سهوب منغوليا، قرب صحراء غوبي، إلى عملية التصحر. ففي الواقع، ينمو العشب القصير والغني بالعناصر المغذية على طبقة رقيقة من التربة. لكن تحضّر السكان، والممارسة العادية لتربية المواشي، المقترنة بمتساقطات قليلة الغزارة (أقل من 300 ملم في السنة) تساعد على اتساع هذه الظاهرة.

غير أن التصحر ليس قدراً وبالإمكان إيقاف عمليته. فإذا تعذرت إزالته، ينبغي حصر عمليات قطع الغابات الكثيف، والحد من الزراعة على تربة ضعيفة جداً، ومن الرعي الجائر وكذلك إعادة تكوين غطاء نباتي بزراعة أشجار وغابات فتية الأشجار لتصبح مصدّات للريح. لقد انتهج بعض السكان المعنيين بذلك هذا النهج. في كينيا مثلاً، أسست بعض النساء تجمعاً يعرف بالحزام الأخضر وهو يعمل لتشجيع إعادة التحريج. لقد أصبح التحرك أمراً ملحّاً لأنه من المنتظر أن يؤدي تزايد السكان في المناطق المدارية، إضافة إلى سخونة الكوكب إلى ازدياد فترات الجفاف والجوع. سوف تكون مكافحة التصحر تحدياً كبيراً خلال القرن الحادي والعشرين. ■

أرقام

- 65 مليون هكتار من الأراضي الواقعة إلى جنوب الصحراء الكبرى تحولت إلى صحراء خلال النصف الثاني في القرن العشرين.
- يطال التصحرّ حوالى 60 بلداً.



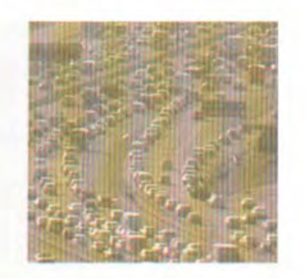
في مدغشقر، يتزايد عدد السكان كثيراً وهم بحاجة ماسة إلى أراض صالحة للزراعة. يؤدي قطع الغابة المطيرة وزراعة الأرز والذرة أو المنيهوت على الوقيد ودون إتاحة فترات استراحة للأرض إلى استنفاد التربة التي تصبح بعد ذلك غير مخصبة.

هل تعلم؟

إن مناطق التصحر مؤاتية لتكاثر الجراد الرحّال. في الواقع، إن هذه الحشرات تحب الحرارة المرتفعة التي تسود فوق الأراضي الجرداء وتتكاثر بسرعة كبيرة عندما تتساقط الأمطار بغزارة. لهذا السبب تنقض أرجال هائلة من الجراد «المهاجر» على أفريقيا بشكل منتظم، وتتلف كل الزراعات في طريقها.

تفسير كلمات

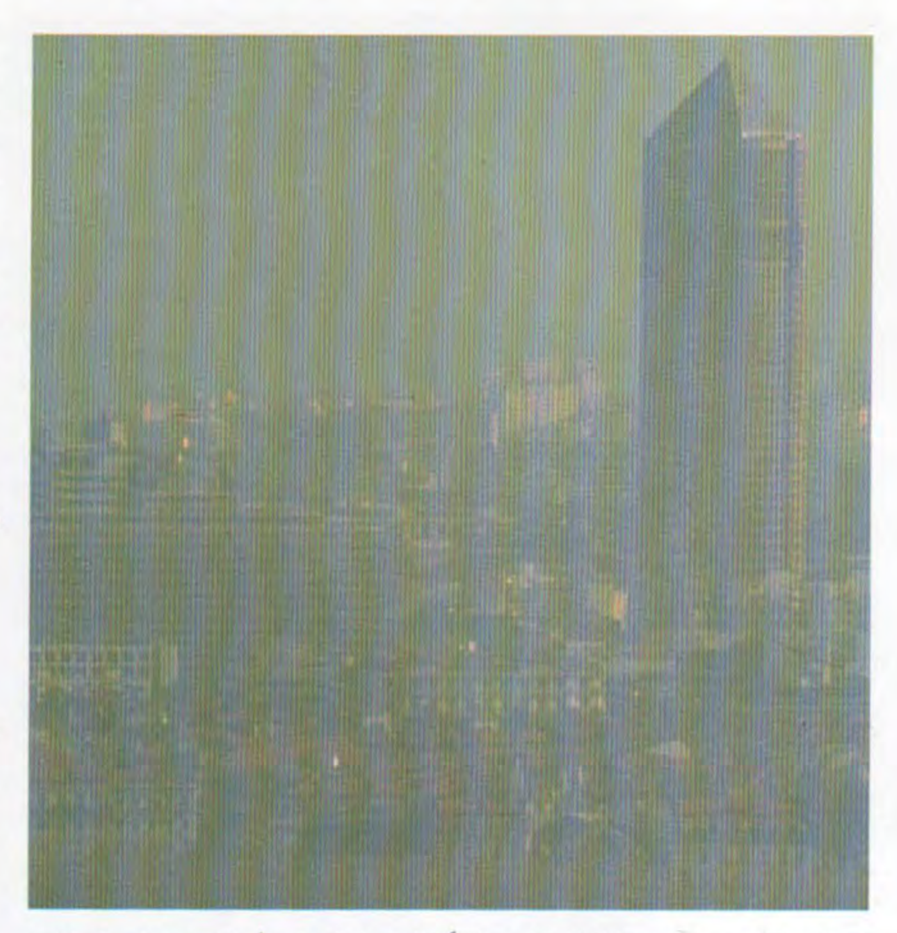
- **السافانا** (أو السباسب) هي أراض مسطحة واسعة كثيرة العشب. تنمو نباتاتها في المناخات المدارية التي يتخللها فصول جافة.
- **السهوب** هي مروج نجدها في القطاعات الجافة من المناطق المعتدلة: بامبا الأرجنتين، السهول الكبيرة في أميركا الشمالية وآسيا...
- **الساحل** يعني المنطقة الممتدة إلى جنوب الصحراء الكبرى والتي تضم موريتانيا، السنغال، مالي، بوركينا فاسو، النيجر، تشاد، والسودان.



تلوّث الهواء

الأرض المختنقة

إن تلوّث الهواء، الذي تعاني منه المدن الكبرى، يطال الطبقات العليا في الجو. اليوم، كل كوكب الأرض معني بهذه المشكلة التي تهدّد صحة الكائنات الحيّة وتؤثر على المناخ.



في المدن الكبرى، يرتفع عدد إنذارات التلوث، غالباً خلال فصل الصيف، لأن الشمس تساعد على تكوين الأوزون. إن هذا الغاز المؤكسِد جداً هو خطر بالنسبة للأشخاص الذين يعانون من نقص في التنفس وهو يتلف واجهات الأبنية الأثرية.

تستمد الأنشطة الصناعية ووسائل المواصلات والتدفئة المنزلية طاقتها من المحروقات الأحفورية (فحم، بترول، غاز طبيعي). عندما تحترق هذه الأخيرة فإنها تبعث غازات تلوث الجو. وإذا كانت الدول الصناعية تستعمل بشكل متزايد تقنيات أكثر «نظافة»، فإن المدن العظمى المليينية في العالم الثالث (بنكوك، مكسيكو...) تسجل الرقم القياسي في التلوث الجوي نظراً لقدم السيارات الموضوعة في السير فيها إضافة إلى قدم المنشآت (معامل تعمل على الفحم في أوروبا الشرقية والصين مثلاً). بالنسبة لهذه البلدان، من المستحيل تغيير التقنية على المدى القصير، بسبب الكلفة التي تترتب على هذا الإبطال.

في المدن الغربية، تراجعت انبعاثات ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2)، المرتبطة بشكل أساسي بالصناعة وباحتراق الفحم (أقل بـ 85% خلال 35 سنة في المنطقة الباريسية مثلاً). في المقابل، ترتفع بشدة كميات الغبار الدقيق المعلق الناتج عن انبعاث الغازات من السيارات العاملة على الديزل، والذي يشكل السبب الأساسي لاضطرابات التنفس الحادة لدى المسنين والأطفال الصغار.

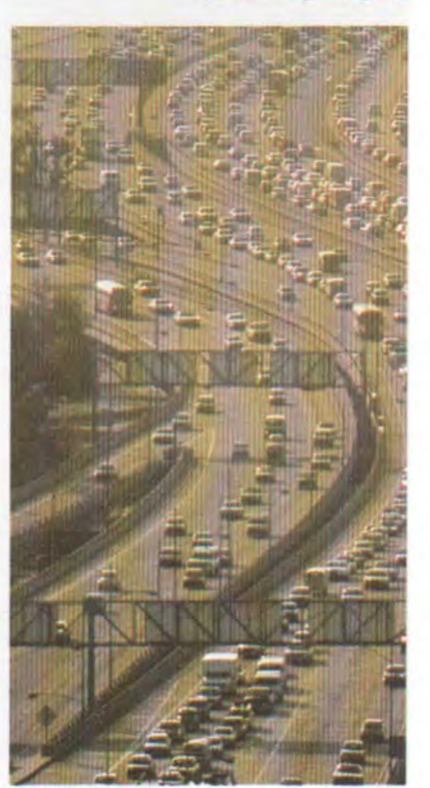
في البلدان التي ما زالت تستعمل المحروقات المحتوية على الرصاص، يزيد استنشاق هذا المعدن الثقيل وتركيزه الهام في الدم، مخاطر ارتفاع الضغط وإصابات القلب والشرايين.

تولّد وسائل المواصلات 60% من التلوّث الجوي الإجمالي.

إضافة إلى ذلك تتفاعل بعض الملوثات الجوية فيما بينها وتولد ملوثات أخرى، تعرف بالثانوية. وهكذا فإن التفكيك الناتج عن الشمس لمركبات عضوية متبخرة لأوكسيد الكربون الأحادي (CO) وأوكسيدات الأزوت (NO_X)، وهي كلها ناتجة عن محركات السيارات، يؤدي إلى تكون الأوزون (O_3)، خاصة خلال فصل الصيف عندما تكون درجة الحرارة مرتفعة. الأوزون هو غاز مؤكسد للغاية يؤدي إلى تهيجات في العين واضطرابات في التنفس. وهو يسبب تلوثات هامة في المدن وكذلك في المناطق الدائرية المحيطة بها لأنه يمكن أن ينتقل مع الريح.

إن التلوث الحمضي هو نوع آخر من أنواع

التلوث المتحرك الذي يمكن أن يحدث بعيداً عن منطقة انبعاثه. يعود السبب في وجوده إلى ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2) المنبعث من معامل الفحم ومن الصناعة التعدينية وكذلك من أوكسيدات الأزوت الناتجة عن غازات عوادم السيارات. عبر سلسلة من التفاعلات الكيماوية، تتحول هذه الغازات إلى حامض الكبريتيك (H_2SO_4) وإلى حامض النيتريك (HNO_3)، اللذين يصلان إلى المتساقطات. تهدد هذه «الأمطار الحمضية» حياة البحيرات وتسبب ذبول الغابات (تساقط الأوراق أو يباس بعض الأشجار).



يكاد النمو السريع جداً لعدد السيارات أن يوقف التقدم الذي تحقق في مجال الحد من المخلفات الملوّثة.

اليوم، امتد التلوث ليشمل جو الأرض في مجمله. لم تعد المجموعة العلمية تشك في ظاهرة سخونة الأرض المرتبطة بارتفاع معدل انبعاث الغازات الدفيئة، وهذا الأخير هو ظاهرة ذات مصدر طبيعي يتضخم بفعل انبعاث بعض الملوثات. نذكر منها بشكل رئيسي ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) الناتج عن احتراق الكربون والبترول والغاز إضافة إلى قطع الغابات وكذلك الميثان وأول أوكسيد الأزوت (N_2O) المنبعث من الصناعة والأسمدة الزراعية والكلوروفليوروكربور (CFC). هذه الأخيرة، المستعملة في الرذيذات وأجهزة التكييف والثلاجات، مُنع تصنيعها في 160 بلداً منذ العام 1996. فهي في الواقع من مصادر تدمير طبقة الأوزون التي تحمي الأرض من أشعة الشمس. وحتى إذا ما انخفض كثيراً إنتاج (CFC) فإن العمر الافتراضي لهذه الملوثات يبلغ عدة عشرات من السنين ولذلك لن تصبح إعادة تكوين طبقة الأوزون فعالة قبل 50 سنة. وحتى ذلك الوقت، سوف يؤدي التعرض إلى الأشعة ما فوق البنفسجية إلى خطر الإصابة بسرطانات الجلد لدى الإنسان أو الحيوان، وإلى تناقص العوالق النباتية (البلانكتون النباتي) في المحيطات.

خلال القرن الحادي والعشرين، يتوقع استمرار ارتفاع معدل التلوث الجوي مع تزايد النمو السكاني وتصنيع البلدان النامية. هناك حلول موضوعة لتجنب هدر الطاقة، ولكن ابتكار مصادر طاقة «نظيفة» يمكنه وحده أن يخفف بشكل منطقي الانبعاثات الملوثة. قد يسمح تطوير الطاقات القابلة للتجدد، وربما على المدى البعيد تطوير السيارة التي تعمل على الهيدروجين، بالمكافحة الفعالة لانبعاث الغازات الدفيئة وتلوث المدن. ■

توضيح

الأوزون (O_3) هو غاز ذو وجهين. بما أنه متوفر بكثرة في الطبقات العليا من الجو (بين 10 و40 كلم)، فإنه يشكل درعاً واقية («طبقة الأوزون» الشهيرة ، المهددة حالياً) من أشعة الشمس ما فوق البنفسجية. وهو نادر في طبقة الجو المنخفضة (يمكن كشف رائحته القوية والنافذة في أوقات العواصف، لأن البروق تنتج منه بعد تفكك جزيئات الأوكسجين)، وهو سام جداً للنباتات الخضراء والحيوانات. غير أن مركبات عديدة تدخل في تكوين الغازات المنبعثة من عوادم السيارات، وخاصة ثاني أوكسيد الأزوت (NO_2)، تؤدي إلى تكوين كميات ضخمة من الأوزون في طبقات الجو المنخفضة، تحت تأثير أشعة الشمس. تميل أنشطة الإنسان إذن إلى تركيز الأوزون حيث يكون مؤذياً وإلى التقليل من كثافته حيث يكون مفيداً.

هل تعلم؟

إن حزّاز الصخر (نبات يعلو الصخور) هو مقياس ممتاز للتلوث، لأنه يكدّس الملوثات (فلويور، النظائر المشعة، الرصاص وبقية المعادن الثقيلة...) كما أنه شديد الحساسية تجاه ثاني أوكسيد الكبريت. بمقارنة المساحات المغطاة بحزاز الصخر في مدينة ما، سنة بعد سنة، من الممكن تكوين فكرة عن تطور التلوث. وبما أن أجناس حزاز الصخر تتمتع بدرجات متفاوتة من الحساسية تجاه الملوثات، فإن توزعها يسمح بإعداد خريطة للمناطق المتساوية التلوث، انطلاقاً من المصدر حيث يكون التلوث في حده الأقصى (الصحراء الحزازية) وصولاً إلى المناطق التي يكون فيها الهواء في أنقى حالته.

أرقام

- في نهاية عام 1998، بلغ عدد السيارات الموضوعة في السير في العالم 524 مليون سيارة وعدد الشاحنات 189 مليون شاحنة.
- تبعث سيارة واحدة ما يعادل 200 غرام من ثاني أوكسيد الكربون، وكمية تتراوح بين 0,2 و3,4 غرامات من أوكسيدات الأزوت في الكيلومتر، وفقاً لنوع السيارة.
- خلال فترات الذروة من التلوث بأوكسيدات الأزوت (5 مرات في السنة كمعدل وسطي في باريس)، يسجل ارتفاع في المعاينات الطبية بنسبة 22% لأوجاع الرأس، و63% لأزمات الربو، وزيادة 20% من حالات التوقف عن العمل بسبب إصابات رئوية - تعرف مدينة مكسيكو هذه الفترات من ذروة التلوث 312 يوماً في السنة.
- في باريس، تسجل وفاة ما بين 100 و350 شخصاً يعانون من اضطرابات في القلب والشرايين كل سنة قبل الأوان، بسبب التلوث الجوي.
- تتراوح الكلفة الاقتصادية الإضافية السنوية للمنطقة الباريسية وحدها، بسبب تلوث الجو وتأثيره على الصحة (دخول مستشفى، توقف عن العمل، زيارة أطباء...) بين 2,8 و 9,6 مليار فرنك.
- تضرر ربع الغابات الأوروبية، بدرجات متفرقة، من الأمطار الحمضية.

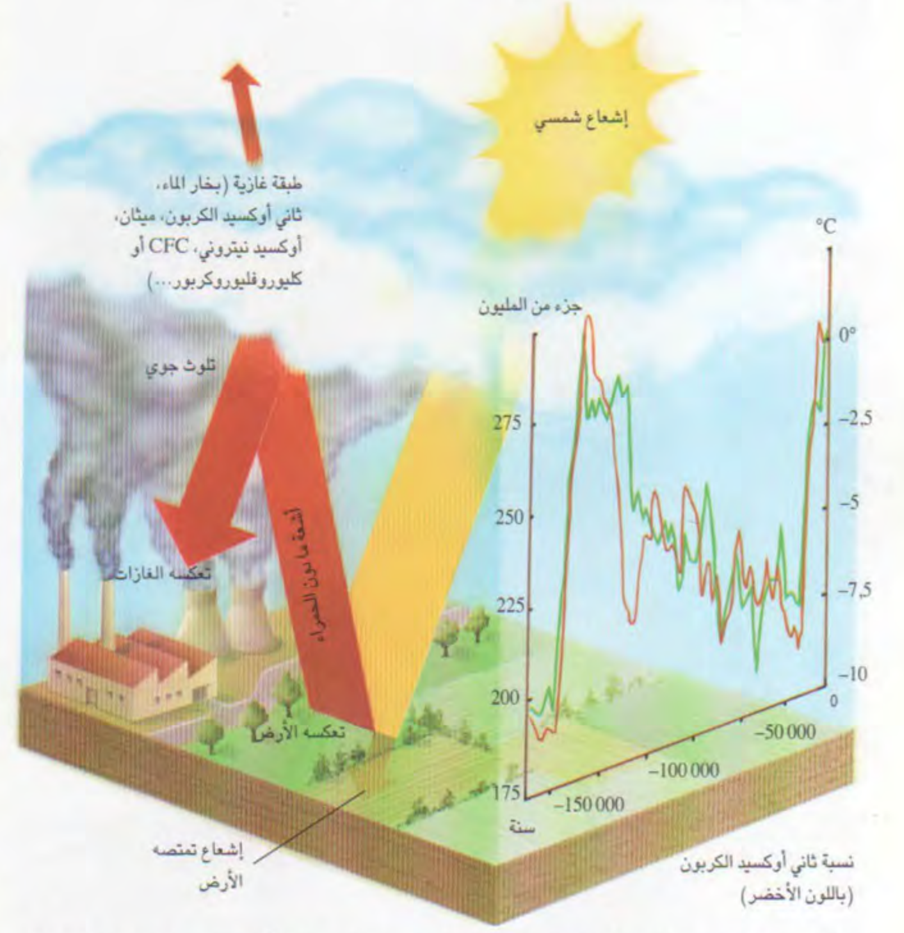


ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة

غلاف جوي يدفئنا

بدون انبعاث الغازات الدفيئة، لارتفعت البرودة إلى حد يمنع كوكب الأرض من احتضان الحياة. لكن هذا الانبعاث يزداد تحت تأثير الإنسان. قد يكون ذلك سبباً لمعاناة الأرض وسكانها...

بالإمكان مقارنة جو كوكبنا مع زجاج الدفيئة: فهو شفاف إزاء الضوء المرئي وغير نافذ بالنسبة للأشعة الحرارية ما دون الحمراء. يسمح بمرور جزء من أشعة الشمس المنبعثة بشكل ضوء مرئي. أما بقية الأشعة، التي تنعكس مباشرة على الغيوم والغبار والضبيبة الجوية، فإنها لا تصل إلى الأرض. يمتص سطح الكرة الأرضية (القارات والمحيطات) جزءاً من الطاقة التي يتلقاها، ثم يحوله إلى أشعة ما دون الحمراء ويعود ويبعثها نحو الفضاء. لكن بخار الماء وبعض الغازات الجوية تتمتع بميزة امتصاص هذه الأشعة ما دون الحمراء وإعادة إرسالها إلى الأرض، مما يسخن سطح كوكبنا والطبقات المنخفضة في غلافه الجوي. سميت هذه الظاهرة بـ «انبعاث الغازات الدفيئة».



الغازات الدفيئة موجودة في جوّنا بشكل بقايا قليلة وهي ضرورية: بدونها لأصبح متوسط درجة الحرارة على الأرض 18 درجة مئوية تحت الصفر. لكن الارتفاع في معدل تكثيفها يخلق مشكلة: ففي خلال السنوات الـ 160 000 الأخيرة، تطابقت المقادير القصوى لثاني أوكسيد الكربون والميثان مع الفترات الأكثر سخونة.

تقدر المساهمة الحرارية الصادرة عن هذه العملية بـ 33 درجة حرارة مئوية - لو كان جوّنا مكوّناً من الأزوت والأوكسجين فقط (99% من الغلاف الجوي الحالي)، لما حصلت ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة، ولأصبح متوسط درجة الحرارة 17 درجة مئوية تحت الصفر (يبلغ الآن 16 درجة مئوية) ولأصبحت الحياة على الأرض مستحيلة. من هنا تظهر أهمية انبعاث الغازات الدفيئة. مع أن هذه الغازات بالكاد تمثل 1% من غلافنا الجوي. الأكثر وفرة منها هي بخار الماء (H_2O ، أقل من 1%)، ثاني

في غضون قرن من الزمان، سوف تسخن الأرض بمعدل يتراوح بين درجة مئوية واحدة و5 درجات.

أوكسيد الكربون (CO_2، 0،035%). أما الغازات الأخرى مثل الميثان (CH_4)، أو الأوزون (O_3) أو الأوكسيد النيتروني (NO_2)، فهي موجودة بشكل بقايا قليلة لكن مساهمتها في ظاهرة الانبعاث لا تقل أهمية عن الأولى.

استناداً إلى تحليل عينة الجليد المستخرجة من المناطق القطبية الجنوبية، ظهر أنه خلال السنوات الـ 160 000 الأخيرة، تغيرت كثافة الجو من ثاني أوكسيد الكربون والميثان مع درجة الحرارة: بلغت نسبة هذه الكثافة حدها الأقصى خلال الفترات الأكثر سخونة، وحدها الأدنى خلال الفترات الجليدية. لكن، منذ بداية العصر الصناعي، لم

تتوقف هذه النسب عن الارتفاع، والسبب الرئيسي لذلك هي الأنشطة البشرية.
ينتج ثاني أوكسيد الكربون، بشكل خاص، عن احتراق الخشب أو الفحم أو البترول أو الغاز. وقد شهدت كثافته الجوية ارتفاعاً تعدى 25% خلال الـ 200 سنة الماضية. في الوقت نفسه، تضاعفت كثافة الميثان ثلاث مرات، والسبب الرئيسي لذلك هو نمو حقول الأرز وتطور التربية الكثيفة للحيوانات المجترة (تفرز الأبقار كميات كبيرة من الميثان خلال عملية هضمها). هناك غازات تساهم بقوة في ظاهرة الانبعاث، مثل الكلوروفليوروكربور (CFC)، وهي تنتج بصورة كاملة عن الصناعة. بدأ إنتاجها اعتباراً من الثلاثينات، واستعملت خاصة في دوائر التبريد، أو في الرذيذات (الأيروزول) أو في الرغوات الاصطناعية. وقد اعتبرت مسؤولة عن حدوث «ثقب الأوزون» في طبقة الستراتوسفير (السكاك)، لذلك استُبدلت بغازات أخرى أقل تدميراً، لكنها تعطي انبعاثاً مماثلاً للغازات الدفيئة: تمثل الغازات الأولى 4% من السخونة ذات المصدر البشري، وتمثل الثانية نسبة أقل بـ 1% من الأولى فقط... وأخيراً، وبمقياس أقل، ارتفعت كذلك خلال السنوات الأخيرة نسب الأوزون (الناتج عن احتراقات متنوعة) والأوكسيد النيتروني (من الأسمدة الأزوتية) في طبقة الجو المنخفضة.
يتوقع عدد من العلماء سخونة إجمالية للأرض تتراوح بين درجة مئوية و 5 درجات مئوية من الآن وحتى نهاية القرن الحادي والعشرين. سوف تكون النتائج متعددة. فعلى أثر تمدد مياه البحر وذوبان المَجْلَدَات، من المتوقع أن يرتفع مستوى سطح البحر من 25 إلى 95 سم، فيؤدي ذلك إلى الاختفاء الكامل أو الجزئي لبعض الجزر (السيشيل، المالديف) وللمناطق الشاطئية. سوف يؤدي ذلك أيضاً إلى تغيير كبير في التوزيع الحالي للمساحات المناخية الكبيرة: سوف تشهد العروض العليا سخونة قصوى، كما العروض المتوسطة، وسوف يرتفع معدل المتساقطات، في حين أن معدلات التبخر سوف تزداد فوق البحار المدارية. أما المناطق المصابة أصلاً بالجفاف، فسوف تزداد وطأته عليها ولمدة أطول. في المقابل، ستزداد سعة العواصف والفيضانات وسيرتفع تواترها في البلدان المعرضة لهذا الخطر. وسوف ينتج عن ذلك فترات من الجوع في المناطق الجافة، واتساع في المناطق التي يتكاثر فيها بعوض الملاريا، وهي ناموسة تنشر الملاريا.
ترتكز هذه التوقعات على نماذج ما زالت غير محققة، طالما أن المعايير الواجب أخذها بعين الاعتبار عديدة، وأن السلوك الإجمالي لكوكبنا معقداً. في الوقت الحاضر، لا تسعى البلدان الصناعية إلا لتخفيف تقدم معدلات الغازات المساهمة في ظاهرة الانبعاث في الجو. وبالتالي فإن سخونة الجو تبدو محتمة. ■

توضيح

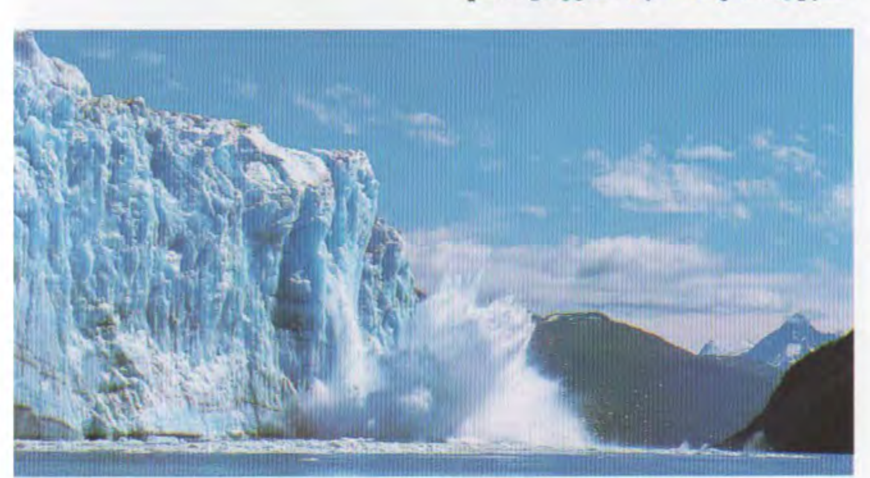
إن عدم التحقق من التقديرات المتعلقة بارتفاع متوسط درجة حرارة الأرض يعود إلى كون ثوابت عديدة جداً ذات آثار متناقضة تتداخل فيما بينها. فبعض الآليات تقوّي ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة: إن ارتفاع متوسط درجة الحرارة الناتج عن انبعاث الغازات الدفيئة يولّد ارتفاعاً في تبخر الماء، ويأتي هذا البخار ليقوّي بدوره ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة، وهلم جرا. وعلى العكس، إن زيادة مخلفات الغبار والضبيبات الناتجة عن أنشطة الإنسان تميل إلى موازنة انبعاث الغازات الدفيئة بشكل جزئي، وذلك بتكثيف الجو (جعله غير شفاف)، مما يحد من كمية الأشعة الشمسية الواصلة إلى الأرض، فيؤدي إلى تبريد الجو.

هل تعلم؟

يرتفع مستوى المياه على الشواطئ الفرنسية منذ قرن على الأقل. وهو يزيد في الوقت الحاضر بمعدل يتراوح بين 1 و2 ملم في السنة. هذا الارتفاع مرشح للتسرّع. سوف تكون مناطق الكامارغ، والبحيرات الشاطئية الضحلة في اللانغودق مهددة بشكل خاص كونها غير محمية جيداً من غزو البحر.

أرقام

- على المدى البعيد، في حال ذوبان مَجْلَدة القطب الجنوبي، سوف يرتفع مستوى البحر 70 متراً.
- 30% من أراضي البلدان المنخفضة يقع إلى مادون المستوى الحالي لسطح البحر و90% من بنغلاديش يقع على ارتفاع أقل من 10 أمتار عن سطح البحر.
- إن سخونة إجمالية للأرض بمعدل درجة حرارة مئوية واحدة من الآن وحتى العام 2020 سوف تضاعف خطر انتقال الملاريا في أوروبا. فهذا المرض الذي يقتل يومياً 3 000 شخص في العالم قد يؤدي إلى 2 000 ضحية إضافية يومياً عند نهاية القرن الحادي والعشرين.
- إذا ارتفع متوسط درجة حرارة الأرض 5 درجات، فإن ارتفاع هذا المتوسط في المناطق الأوروبية سيكون أشد أهمية: ويتراوح بين 7 درجات مئوية و10 درجات مئوية.



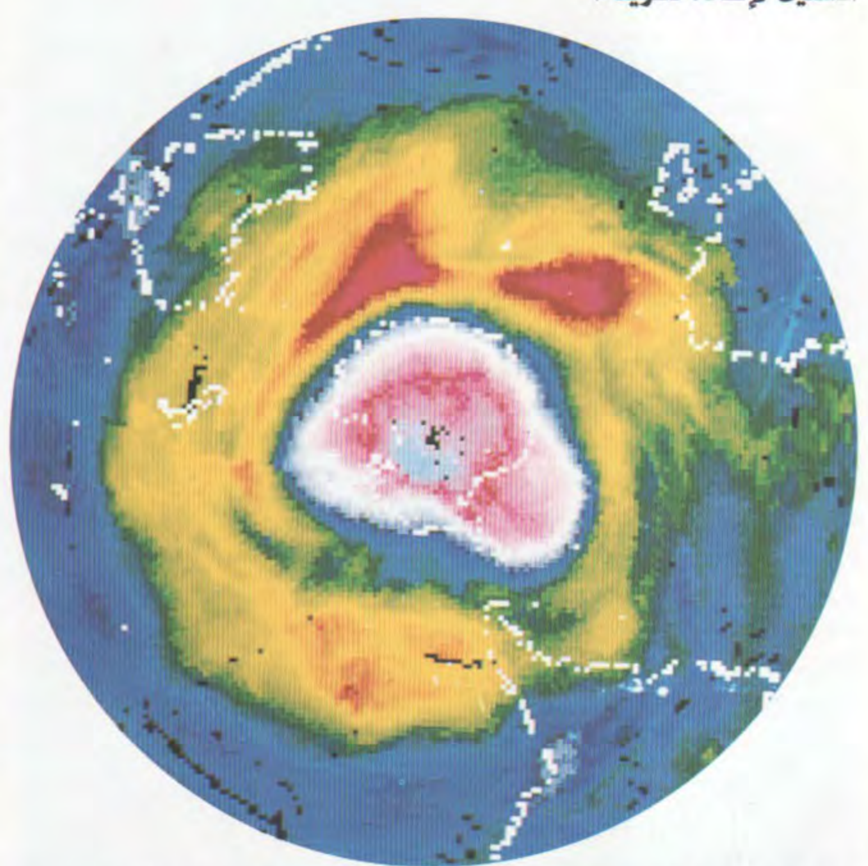
مع اشتداد ظاهرة انبعاث الغازات الدفيئة، تتعرض الأرض لخطر السخونة بمعدل يتراوح بين درجة مئوية واحدة و5 درجات مئوية من الآن وحتى نهاية القرن الحادي والعشرين، مما يؤدي إلى ذوبان المَجْلَدات والجليد الساحلي.



طبقة الأوزون

حاجز واق مهدّد من قبل الإنسان

عام 1985، تمّ اكتشاف ثقب في طبقة الأوزون فوق منطقة القطب الجنوبي. إن هذا الحاجز الطبيعي سريع العطب تحت تأثير الأشعة الشمسية المضرّة وهو مهدّد من قبل الأنشطة البشرية. سوف يحتاج إلى عشرات السنين لإعادة تكوينه.



أظهرت قياسات كمية الأوزون، التي أخذت في شهر تشرين الأول / أكتوبر 1987 من القمر الاصطناعي نمبوس ـ7 وجود «ثقب» فوق منطقة القطب الجنوبي، يُرمَز إليه في الصورة بالمساحة البيضاء والوردية اللون. خلال فترة الربيع الجنوبي، يبلغ انخفاض الأوزون أرقامه القياسية.

الأوزون هو المكوّن الطبيعي للطبقات العليا من الغلاف الجوي الأرضي، وهو موجود بكميات قليلة جداً. (لو كان خاضعاً للضغط الجوي ولدرجات الحرارة السائدة على مستوى الأرض، لشكّل طبقة متجانسة تبلغ سماكتها 3 ملم فقط). لكن طبقة الأوزون، مهما كانت رقيقة، تلعب دوراً أساسياً في توازن الأرض، لأنها تحمينا من الجزء الأشدّ ضرراً من أشعة الشمس وهي الأشعة ما فوق البنفسجية B (UV - B). يتكون الأوزون بشكل أساسي على ارتفاع يتراوح بين 20 و30 كلم في طبقة الستراتوسفير (السكاك). على هذا الارتفاع، تفكك أشعة الشمس جزءاً من جزيئات الأوكسجين الغازي (O_2) وتحولها إلى ذرّات (O) تتفاعل مع جزيئات أخرى من الأوكسجين لتكوّن الأوزون (O_3). وبما أن الأوزون هو غير ثابت وشديد التفاعل، فإنه يتفاعل من جديد مع الأوكسجين المحيط به. تنتج طبقة الأوزون عن توازن هذه التفاعلات. عام 1985، أشار علماء بريطانيون للمرة الأولى إلى وجود «ثقب في طبقة الأوزون» أو بالأحرى إلى تناقص هام في سماكة الطبقة فوق القطب الجنوبي. في الواقع، إن الطبقة العليا في جو هذه المنطقة هي مسرح لدورة جامحة من تدمير الأوزون. خلال الشتاء القطبي، يؤدي تشكيل زوبعة هواء ستراتوسفيري إلى عزل جو منطقة القطب الجنوبي عن باقي نصف الكرة الأرضية الجنوبي. يمكن عندها أن تنخفض درجة حرارة الستراتوسفير إلى 85-درجة مئوية تحت الصفر، مما يؤدي إلى تكوين غيوم من الجليد. تثبّت هذه الغيوم القطبية الكلور الموجود في الستراتوسفير بشكل حامض الكلوريدريك (HCl) ونيترات الكلور ($ClONO_2$) . خلال الربيع الجنوبي، عندما تعود الشمس للظهور، في شهري أيلول - سبتمبر وتشرين الأول - أكتوبر، تسبب أشعتها تفكك الكلور في تفاعل كيماوي ضوئي. عندها ينطلق تفاعل

إن ذرة كلور واحدة تقضي على حوالى 000 100 جزيئة أوزون.

مُسَلْسَل حقيقي: يمكن لكل ذرة كلور متحررة أن تدمّر حوالى 000 100 جزيئة أوزون. تتتابع هذه العملية حتى شهر تشرين الثاني - نوفمبر وتقلّص سماكة الطبقة إلى نصفها تقريباً. عندها تكون

الشمس قد سخنت الجو بما يكفي لتبديد الغيوم الستراتوسفيرية. تختفي عندئذ الزوبعة القطبية المتاخمة لثقب الأوزون، ويتسرب الهواء الغني بالأوزون من العروض المتوسطة من جديد إلى طبقة الستراتوسفير الموجودة فوق المنطقة القطبية الجنوبية. في القطب الشمالي، لا يحدث بشكل حقيقي تكوّن «لثقب» مشابه في الطبقة الجوية، ولكن بالأحرى يظهر نوع من تناقص الأوزون محلياً منذ العام 1991. يمكن تفسير ذلك بحركة الهواء، المختلفة كثيراً عن حركته فوق المناطق القطبية الجنوبية، وبدرجات حرارة شتوية أكثر اعتدالاً.

إذا كانت بعض العوامل الطبيعية، مثل انبعاث الغازات المكبرتة أثناء الاندفاعات البركانية، قد سهلت التدمير الجزئي والعابر للأوزون، فإن العلماء يشتكون منذ العام 1980، من الخطر الذي يمثله الانبعاث الصناعي للكلور. تشكل غازات الكلوروفليورو كربور (CFC)، المستعملة كغاز دافع للضبيبات (الرنيذات)، أو كعنصر تبريد أو كعنصر نافخ لبعض الرغوات الصلبة، السبب الرئيسي لتدمير طبقة الأوزون. هناك منتجات كيماوية أخرى، خاصة الهالون، المستعمل في مطفئات الحرائق، وبعض المذيبات مثل تيتراكلورور الكربون أو برومور الميتيل، تساهم كلها في إحداث ثقب الأوزون. كل هذه المركبات ثابتة للغاية ويمكن أن تظل في الجو من 50 إلى 100 سنة. وهكذا فهي تنتشر في الجو لتصل إلى القطبين وتطلق ذرات الكلور (أو البروم) التي تحملها، فتدمر الأوزون.

تساعد الغيوم القطبية على تدمير الأوزون بواسطة الكلور.

باتلافها لطبقة الأوزون، عرّضت أنشطة الإنسان للخطر الحماية الطبيعية التي توفرها الشمس لنا. فانخفاض الأوزون الستراتوسفيري يؤدي إلى ارتفاع كمية الأشعة ما فوق البنفسجية (UV-B) التي تصل إلى الأرض. يمكن لهذه الأشعة أن تضر بحامض الديزوكسيريبونوكلييك (ADN) البشري وتسبب أمراض سرطان الجلد والساد (تكثف في عدسة العين يمنع الإبصار) بشكل خاص. ولها كذلك أثر مضر على النباتات وعلق البحر النباتي (البلانكتون النباتي).

اعتباراً من العام 1987، تعهدت بعض البلدان الصناعية بتنظيم انبعاثاتها من غازات الكلوروفليوروكربور (CFC) وإنتاجها. لقد كشف بروتوكول مونتريال عن وعي عالمي، فحُذفت بعض المنتجات المدمرة للأوزون. واليوم، لا تشكل غازات الهيدروفليوروكربور (HFC)، وهي بديلة من الجيل الثاني لغازات الكلوروفليوروكربور (CFC)، أي خطر على طبقة الأوزون. غير أن كثافة الكلور مستمرة في الارتفاع في طبقة الستراتوسفير. يعتبر العلماء أن انخفاضها يجب أن يبدأ من الآن، وحتى 10 سنوات إذا احترم الجميع بروتوكول مونتريال. ينبغي عندها الانتظار عشرات السنين حتى تعود طبقة الأوزون لتتكون من جديد. ■

تواريخ

- عام 1987، وقّع 24 بلداً صناعياً كبيراً بروتوكول مونتريال. تعهدت فيه هذه الدول بتخفيض إنتاجها من الكلورو فليوروكربور (CFC) بنسبة 50% خلال عشر سنوات.
- عام 1992، تم تعزيز البروتوكول في كوبنهاغن. وقد حُدِّد تاريخ 1 كانون الثاني / يناير 1996 موعداً للإلغاء النهائي للكلوروفليوروكربور(CFC).

أرقام

- خلال شهر أيلول - سبتمبر 2000، بلغت مساحة ثقب الأوزون رقماً قياسياً يساوي 28,3 مليون كلم مربع أي ما يعادل ثلاثة أضعاف مساحة الولايات المتحدة الأميركية.
- وفقاً للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، تراجعت طبقة الأوزون بنسبة 30% قياساً مع الفترة - المرجع 1964 - 1976.
- بين عامي 1986 و1996، ارتفعت الأشعة ما فوق البنفسجية UV-B في العالم على مستوى سطح الأرض بنسبة 10%.
- تضاعفت كثافة الكلور في طبقة الستراتوسفير (السكاك) ست مرات بين عامي 1950 و1990.

هل تعلم؟

هناك نوعان من الأوزون الجوي، الجيد والرديء. ففي الواقع، يتكون جزء من عشرة من الأوزون الجوي في الطبقة السفلى من الجو، على مستوى التروبوسفير (من صفر إلى 12 كلم). وهو يعتبر ملوثاً مدنياً مرعباً لأنه يزيد أمراض الجهاز التنفسي. وهو ينتج عن التفاعل بين أوكسيدات الأزوت وبعض التباشير المفحّمة (ميتان، هيدروكربور) تحت تأثير الشمس. لقد تضاعفت 5 مرات، كثافة هذا المؤكسد القوي جداً في نصف الكرة الأرضية الشمالي منذ العام 1900.



إن غازات الكلوروفليوروكربور المنبعثة في الجو هي مسؤولة عن تدهور طبقة الأوزون التي تعتبر مصفاة طبيعية للأشعة الشمسية ما فوق البنفسجية.. تم حظر هذه الغازات منذ العام 1996 في بروتوكول مونتريال واستُبدلت بمنتوجات جديدة ليس لها أي أثر مدمِّر على الأوزون.

مفردات

ابيضاض
Blanchiment
مرض يصيب المرجان، سببه طرد الطحالب التي تعيش بالتكافل مع المرجان.

أجندة 21 (أو برنامج 21)
Agenda 21
وثيقة وضعت في مؤتمر ريو دي جانيرو تطرح بعض المشاكل البيئية الأساسية.

أدغال
Maquis
نبات نموذجي يميز الوسط المتوسطي. تنتج الأدغال عن تدهور الغابة المتوسطية.

أرض محروقة
Terre brûlée
تكتيك يقضي بحرق المحاصيل بغية منع العدو من الاستفادة منها.

أرضي
Tellurique
صفة تطلق على كوكب قريب من الشمس ويتكون من صخور.

إسبات (بيات شتوي)
Hibernation
حالة حياة بطيئة تسمح لجسم حي بتمضية فصل الشتاء بفضل تخفيض استهلاكه للطاقة إلى أقصى حد.

استخراج الملح من الملاحات
Saliculture
استغلال الملح من الملاّحات.

إسهال (أو زحار)
Dysenterie
مرض معوي تسببه البكتيريا أو الأميبة. وهو يتميز بالتهاب في الأمعاء.

إشعاعية
Radioactivité
تحوّل لبعض العناصر التي يمكن أن تخضع لتغيرات في نواتها ببثها جسيمات أولية أو إشعاعات.

الإكزوسفير
Exosphère
المنطقة الأكثر ارتفاعاً من طبقات الجو (موجودة على ارتفاع يتجاوز 750كلم).

أمطار حمضية
Pluie acide
أمطار تتميز مياهها بتركيز حمضي شديد ناتج عن ملوثات موجودة في الجو.

أميانت
Amiante
سيليكات الكالسيوم والمغنيزيوم. بالإمكان إعادة معالجة بلّورات الأميانت لتكوين نسيج.

انخفاض ضغط الجو
Dépression atmosphérique
انخفاض في الضغط الجوي.

اندفاع شمسي
Éruption solaire
إبعاد جسيمات أولية من سطح الشمس. بإمكان بعض هذه الجسيمات أن تصل إلى سطح الأرض.

براح
Garrigue
غطاء نباتي نموذجي للمناطق المتوسطية تغلب فيه الأشواك.

بطارية ضوئية
Photopile
جسم نصف موصل صغير يتلقّى ضوء الشمس ثم يحوّله إلى كهرباء.

البلهارسيا أو البقيري
Bilharziose
مرض طفيلي ناتج عن يرقانات دودة تدعى دودة البلهارسيا تجتاح الأعضاء البشرية (الكبد، المثانة، الامعاء، الرئة).

بوليكلورور الفينيل
PVC
مادة بلاستيكية تحتوي على الكلور.

بيكيريل
Becquerel (Bq)
وحدة قياس نشاط مصدر إشعاعي، تعادل نشاط مادة مشعة يحدث فيها تفتيت واحد في الثانية.

تآكل
Erosion
ظاهرة تعرية الصخور الموجودة على سطح الأرض بواسطة عوامل عديدة مثل الرياح والماء والجليد.

التايغا
Taïga
غابة شمالية تتكون من الفصيلة البيسيّة (شجر كالسرو).

تبخر المياه بالرشح (أو تبخر نتحي)
Evapotranspiration
التبخر الناتج عن المياه الموجودة في محيط معين وكذلك عن نتح النباتات.

تجمع مدن (أو مدن عظمى ملايينية)
Mégapole
تجمّع مدن واسع.

تحلية
Dessalement
تقنية تهدف إلى إنتاج المياه العذبة بنزع الملح من ماء أجاج (شديد الملوحة والمرارة).

التحول الديمغرافي (أو السكاني)
Transition démographique
تغير ديموغرافي في زيادة السكان مرتبط بتطور البلد. وهو يتمثل بالانتقال من مرحلة ذات زيادة شديدة إلى مرحلة ذات زيادة ضعيفة.

تربية المحار
Conchyliculture
تربية الأصداف المخصصة للسوق الغذائية.

تركيب ضوئي
Photosynthèse
آلية فيزيولوجية (وظائفية) نباتية تسمح للخلايا النباتية بتلقي الطاقة من الشمس.

تشتية
Hivernation
إقامة الحيوانات في مناطق معتدلة بعيداً عن قسوة الشتاء.

تصريف المياه
Drainage
تقنية تهدف إلى تجفيف منطقة رطبة بتسهيل سيلان الماء في التربة.

التكافل
Symbiose
تجمّع جنسين لهما منفعة متبادلة. يشكل حزاز الصخر مثلاً متقدماً للغاية على التكافل.

التنوع البيولوجي
Biodiversité
تنوع حيواني ونباتي يميّز محيطاً أرضياً.

تيار تصاعدي عميق
Upwelling
صعود مياه بحرية باردة غنية بالأملاح المغذّية.

الجليد الساحلي
Banquise
متسع شاسع من الكتل الجليدية العائمة.

الجو (أو الغلاف الجوي)
Atmosphère
طبقة الهواء التي تحيط بالأرض.

الحراجة
Sylviculture
مجموعة التقنيات الهادفة إلى استغلال الغابات وحمايتها.

حرارة الأرض الجوفية
Géothermie
استعمال الطاقة الصادرة عن حرارة أعماق الأرض.

حزاز الصخر
Lichen
تجمع تكافلي لطحلب وفطر.

حقل ماء جوفي
Nappe phréatique
تجمّع المياه الجوفية. ينتج عن تسرّب مياه الأمطار.

الحوت
Cétacé
حيوان ثديي بحري. تمتلك الحوتيات قدرات تكيّف عديدة مع الحياة البحرية (جسم مغزلي الشكل، زعانف).

حياة بطيئة
Vie ralentie
حالة تدخل فيها بعض الأجسام بهدف اقتصاد الطاقة وتمضية فترة صعبة.

خلية فولتية ضوئية
Cellule photovoltaïque
جسم نصف موصل صغير يُستخدم في تلقّي ضوء الشمس ثم يحوّله إلى كهرباء.

دبال (أو تربة عضوية)
Humus
مادة عضوية ناتجة عن تحلل الأجسام والنباتات.

درنية متعددة المعادن
Nodule polymétallique
درنية موجودة في قاع البحار ناتجة عن تبلّر معادن حول شائبة.

الدور الإشعاعي
Période radioactive
المدة الزمنية اللازمة لانخفاض نشاط عنصر إشعاعي إلى النصف.

رياح موسمية
Mousson
رياح مدارية منتظمة تهب بالتناوب من اليابسة باتجاه البحر ومن البحر باتجاه اليابسة (6 أشهر في كل اتجاه).

الزراعة المائية
Aquaculture
تربية حيوانات مائية مخصصة للتسويق.

زوغزانتل
Zooxanthelle
طحلب يعيش بالتكافل مع المرجان

الساحل
Sahel
منطقة صحراوية تغطي جنوب الصحراء الكبرى.

السبسب (أو السافانا)
Savane
نباتات نموذجية تميز المناطق المدارية وتتكون من مسطحات كبيرة من النجيليات (نباتات من وحيدات الفلقة تشمل النباتات الحبيّة والعلفيّة).

السكاك (أو الستراتوسفير)
Stratosphère
منطقة من الغلاف الجوي تقع بين ارتفاعي 18 و 50كلم.

سلولوز
Cellulose
بوليمر الجلوكوز موجود في النباتات ويشكّل أوعية الخلايا النباتية وأليافها.

السهوب
Steppe
حرج نموذجي يميز المناطق المعتدلة، يغطي مسطحات كبيرة (في الأرجنتين، وأميركا الشمالية).

سيت
CITES
اتفاقية حول تجارة الأنواع المهددة بالخطر. منوط بها إعداد اللوائح الحمراء التي تضم الأنواع الهشة التي ينبغي حمايتها.

سيفارت
Sievert (Sv)
وحدة قياس الجرعة التعادلية لإشعاع مؤيّن. إن جرعة تعادلية واحدة (1 سيفارت) لإشعاع معين تترك على عضو بشري نفس الآثار التي تتركها جرعة واحدة من أشعة إيكس، توصل إلى هذا العضو طاقة مقدارها 1 جول لكل كيلوغرام من الأنسجة.

شهاب
Étoile filante
نيزك. يظهر مروره في جو الأرض بشكل خط ضوئي قصير الأمد.

ضد الإعصار
Anticyclone
منطقة ضغط جوي مرتفع.

طافر
Mutant
جسم تعرّض إلى طفرة إحيائية جينية طبيعية أو ناتجة عن عامل محوّل.

الطبقة الحرارية في الجو
Thermosphère
منطقة من الغلاف الجوي تقع على ارتفاع يتجاوز 100كلم عن سطح الأرض.

ظلّة الغابة
Canopée
موطن نباتي يقع في المناطق المرتفعة من أشجار غابة عذراء.

عاصفة شمسية
Orage solaire
اندفاع شمسي ناتج عن قذف جسيمات أولية (فوتون، إلكترون) على سطح الشمس.

الغابة البدائية
Forêt primaire
غابة تأوي تنوعاً بيولوجياً كبيراً لم يستغلها الإنسان بتاتاً من قبل.

غلاف الأرض المائي
Hydrosphère
المجموعة المكوّنة من الماء الموجود على سطح الأرض في كافة أشكاله.

غلاف الأرض المغنطيسي
Magnétosphère
منطقة من الفضاء تطوّق الأرض وهي محميّة من الرياح الشمسية بواسطة الحقل المغنطيسي الأرضي.

فن صيد الأسماك
Halieutique
يشمل مجموعة الأنشطة المرتبطة بصيد الأسماك.

الفونة (أو حرور الألب)
Fœhn
رياح حارة تهب في جبال الألب.

القشرة الأرضية
Croûte terrestre
منطقة تقع على سطح الكرة الأرضية. إن القشرة الأرضية هي رقيقة جداً.

كريل
Krill
قشريات صغيرة تعيش في المياه الباردة. تشكل طعاماً للحيتان التي تلتقطها بواسطة الصفائح الموجودة في حنكها.

لاقط شمسي
Capteur solaire
لاقط مخصص لامتصاص حرارة الشمس لاستعمالات منزلية.

لاهوائي
Anaérobie
صفة تعطى لجسم يعيش في محيط خال من الأوكسجين. وهي تعطى كذلك لوظيفة عندما تتم بمعزل عن الأوكسجين.

ما فوق البنفسجية
Ultraviolet
إشعاع يتراوح طول موجته بين الضوء المرئي وأشعة إيكس.

مثبر
Placer
تراكم لمعادن ثقيلة ينتج عن تآكل الصخرة الأم.

مَجْلَدة أرضية
Pergélisol
أرض مجلدة بشكل دائم.

مَجْلَدة قارية
Inlandsis
موجودة في المناطق القطبية .

محبّ للحرارة القصوى
Hyperthermophile
صفة تطلق على كائن حي يعيش في وسط تسود فيه الحرارة القصوى (بكتيريا محبة للحرارة القصوى).

محرك هوائي
Éolienne
آلة تُستعمل لالتقاط طاقة الرياح.

المحيط الحيوي
Biosphère
منطقة تضم الهواء والأرض والمياه تنمو فيها الكائنات الحية.

المد والجزر
Marée
تأرجح المياه البحرية في حوضها، وهو ناتج عن جاذبية القمر والشمس.

المدى الجغرافي
Biotope
محيط أرضي أو مائي يأوي أجناساً حيّة.

مديخ
Polype
حيوانات تعيش في مجموعات تتثبّت في قاع البحر وتفرز هيكلاً كلسياً خارجياً.

مُعَامِل الخصوبة التركيبي
Indice synthétique de fécondité
متوسط عدد الأطفال لكل امرأة.

معدل الحياة
Espérance de vie
متوسط مدة حياة الأفراد.

معدل النمو الطبيعي
Taux d'accroissement naturel
الفارق بين معدل الولادات ومعدل الوفيات لدى مجموعة من السكان.

معدل الوفيات
Taux de mortalité
عدد الوفيات الذي يسجل لألف فرد من السكان.

معدل الوفيات بين الأطفال
Mortalité infantile
عدد الوفيات بين الأطفال الذين لم يبلغوا بعد السنة من عمرهم من بين 1 000 ولادة لأطفال أحياء.

معدل الولادات
Taux de natalité
عدد الولادات المسجلة لكل 1 000 نسمة من السكان، خلال فترة معينة.

معمل يعمل بقوة المد المحرِّكة
Usine marée motrice
معمل قائم على شاطئ البحر ويستخدم الطاقة الناتجة عن حركة المد والجزر لتوليد الكهرباء.

م.غ.ح.
O.N.G.
منظمة غير حكومية.

مقاوم المبيدات
Pesticide
مادة كيماوية تبيد الطفيليات والحشرات والأعشاب الرديئة والفطر، وهي تُستعمل في الزراعة بشكل خاص.

ملاريا
Paludisme
مرض طفيلي يصيب الكريات الحمر البشرية. ينتقل بواسطة لسعة بعوضة أنثى.

ملازم (أو معايش)
Épiphyte
نبتة تنمو على نبتة أخرى لكن لا تتغذى منها (السحلبية، المتسلقة).

المنطقة القطبية الجنوبية
Antarctique
منطقة قارية تقع في القطب الجنوبي وتخضع لدرجات حرارة منخفضة جداً.

المنطقة القطبية الشمالية
Arctique
منطقة تقع في القطب الشمالي وتضم جليداً ساحلياً طافياً على سطح المحيط.

منغروف
Mangrove
نباتات نموذجية للساحل المداري البحري يغلب فيها الشورى (شجيرة منفعية ذات قشور طبيّة).

منقلب
Solstice
الفترة الزمنية التي تصل فيها الشمس إلى أبعد مسافة زاوية عن المسطّح الذي يحتوي خط الاستواء. يوجد مُنقلبان (صيفي وشتائي).

ميزوسفير
Mésosphère
منطقة من الجو الأرضي تقع بين ارتفاعي 60كلم و 100كلم.

النسيم
Brise
ريح خفيف.

نظام بيئي
Écosystème
مجموعة تضم وسطاً معيناً والأجسام الحية المرتبطة به.

النمو الغذائي (أو الاختناق المنتظم)
Eutrophisation
ظاهرة اختناق كائنات حية تعيش في المسطحات المائية على أثر التنامي النباتي (خاصة الطحالب).

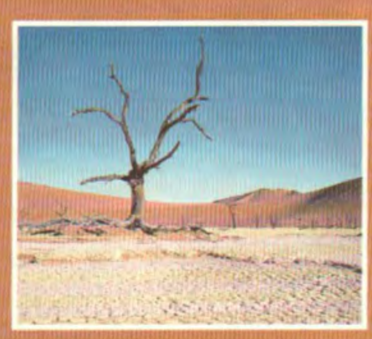
الوهج القطبي (أو الضياء القطبي)
Aurore polaire
ظاهرة جوّية تظهر بشكل وميض يسببه وجود جسيمات ناتجة عن العواصف الشمسية. يكون الوهج القطبي مرئياً فقط في المناطق الموجودة عند العروض المرتفعة (خطوط العرض المرتفعة).

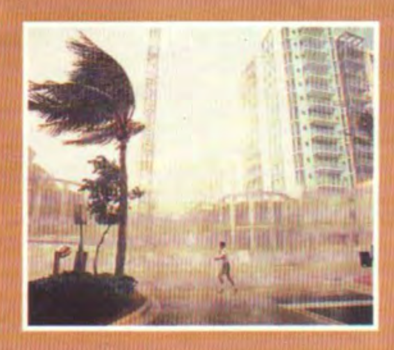
يخضوري
Chlorophyllien
صفة تطلق على الأجسام النباتية القادرة على التقاط طاقة الشمس بواسطة مادة تدعى كلوروفيل أو يخضور موجودة في خلاياها.



موسوعة LAROUSSE







تيسّر هذه الموسوعة التي تجمع مؤلفات علميّة مبسّطة لذة القراءة وسهولة المطالعة. فهي تبحث في مواضيع العلم الكبيرة المتعلقة بالبيئة والإنسان وكل الكائنات الحيّة، كذلك الظواهر الطبيعية المتغيرة مع مرور الزمن، وآثارها المدمرة. كما أنها تبين لنا مدى تدخل الإنسان في بعض الحالات، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة في تفعيل بعض الكوارث البيئية. من هنا تأتي ضرورة الاهتمام والحفاظ على البيئة، حتى نتمكن - قدر الإمكان - من تخفيف حدة الآثار السلبية ونصبح في الوقت نفسه أكثر استعداداً لمواجهتها.

موسوعة تناسب كل أفراد العائلة

عناوين هذه السلسلة

الإنسان والبيئة | كوكب ذو ألف وجه ■ الماء والأوساط المائية ■ التربة والهواء.

تهديدات البيئة | الإنسان المهدد ■ الأوساط الكبيرة المهددة ■ الحفاظ على البيئة.

البيئة والكائنات الحيّة | وظيفة الخلايا ■ وظيفة الأحياء ■ العلاقات بين الأحياء.

الحياة وعلم البيئة | علم البيئة والأوساط الكبيرة في الحياة ■ التطوّر.



